

Выпуск 83

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР ТЕМБРА

В. Беззубов

Неотъемлемой частью любого звуковоспроизводящего устройства является регулятор тембра. Регуляторы тембра, применяемые в современной аппаратуре, делятся на плавно регулируемые, выполненные на переменных резисторах, и дискретно регулируемые, органом управления в которых является переключатель с набором постоянных резисторов. Наибольшее распространение получили регуляторы с плавной регулировкой амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), но следует помнить, что из-за механического контакта в переменном резисторе они недостаточно надежны в работе, а наличие длинных связей создает повышенный уровень фона. Кроме того, для плавного изменения тембра необходимо применять регулирующий элемент с нелинейной характеристикой, приближающейся по форме к частотной характеристике слухового аппарата человека (S-образная кривая). Создать такой элемент на основе потенциометра — непростая задача. При построении ди-

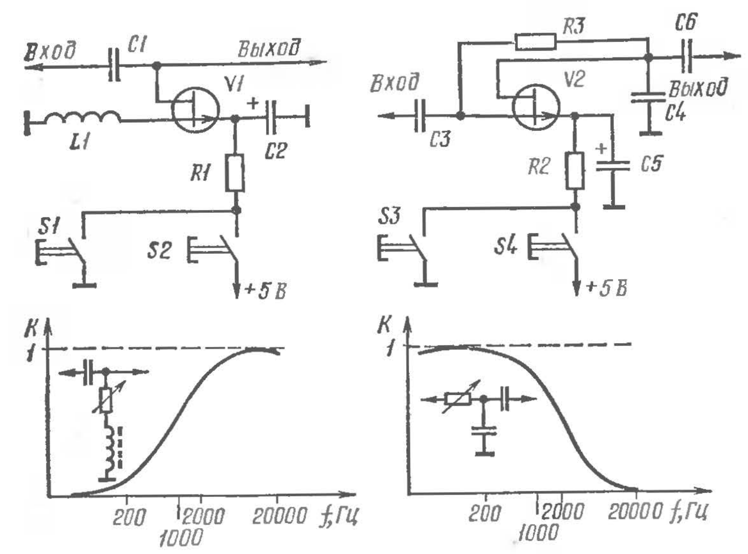


Рис. 1. Схемы и характеристики фильтров

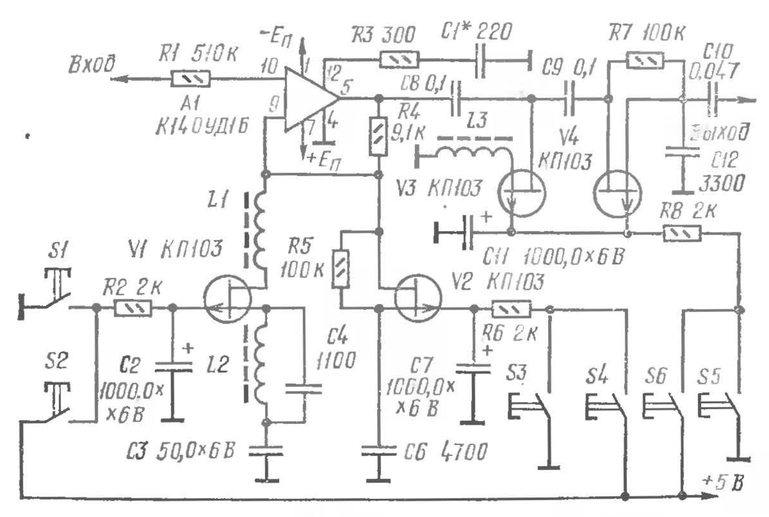


Рис. 2. Принципиальная схема блока регулировки тембра

скретных регуляторов тембра применение механических переключателей также приводит к снижению надежности схемы. В предлагаемом электронном регуляторе тембра недостатки, указанные выше, отсутствуют. Регулятор тембра состоит из двух, включенных последовательно, каскадов. В первом каскаде осуществляется подъем АЧХ раздельно по высоким (ВЧ) и низким (НЧ) частотам, во втором — завал АЧХ либо по ВЧ, либо по НЧ. В качестве регулирующего элемента с характеристикой близкой к S-образной используется полевой транзистор. Это позволяет получить плавное (равномерное на слух) изменение тембра. Основными частями блока являются регулируемые ВЧ и НЧ фильтры. Схемы фильтров и их характеристики представлены на рис. 1. Работа фильтров основана на изменении динамического сопротивления каналов полевых транзисторов, которое определяется выбранным положением рабочей точки на вольтамперных характеристиках транзисторов. В данном случае положение рабочей точки зависит от времени зарядки управляющего конденсатора, включенного в цепь затвора полевого транзистора. Частота среза АЧХ обусловлена постоянной времени фильтра. Эквивалентные схемы фильтров показаны на частотных характеристиках. Изменение АЧХ за счет разрядки конденсатора через внутреннее сопротивление полевого транзистора (по цепи затвора) незначительно: ток разрядки составляет единицы наноампер. Управление работой фильтров производится при помощи кнопок *S1...S4*. Напряжение зарядки управляющего конденсатора определяется временем, в течение которого кнопка замкнута. Скорость изменения тембра зависит от постоянных времени цепей зарядки-разрядки управляющих конденсаторов, которые следует выбирать с минимальным током утечки.

Дроссель, включенный в цепь истока полевого транзистора, служит для выравнивания АЧХ в области высоких частот. Фильтр может быть построен и без дросселя, но в этом случае коэффициент передачи в высокочастотной области уменьшается до 25 % от среднего уровня. Источником, от которого осуществляется зарядка управляющих конденсаторов, может быть как батарея гальванических элементов, так и нестабилизированный блок питания, питающийся от промышленной сети переменного тока. Напряжение источника питания равно

5 В, что несколько больше напряжения отсечки транзистора КП103 (4 В).

Принципиальная схема блока регулировки тембра показана на рис. 2. Первый каскад собран на операционном усилителе *A1*, в цепь обратной связи которого включены НЧ и ВЧ фильтры с регулирующими элементами *V1* и *V2*. При заряженных управляющих конденсаторах *C2* и *C7* АЧХ первого каскада имеет линейный характер. При разрядке управляющего конденсатора *C2* происходит подъем АЧХ в области низких частот, а при разрядке управляющего конденсатора *C7* осуществляется подъем АЧХ в области высоких частот.

Второй каскад представляет собой соединенные последовательно НЧ и ВЧ фильтры, регулирующими элементами которых являются полевые транзисторы *V3* и *V4*. Эти фильтры объединены по цепи управления. При заряженном управляющем конденсаторе *C11* АЧХ завалена относительно среднего уровня в области высоких частот. При разрядке управляющего конденсатора *C11* происходит подъем АЧХ до среднего уровня в области высоких частот и завал АЧХ в области низких частот.

Глубина регулирования тембра для данного блока составляет: в низкочастотной области (на частотах 20...30 Гц) +25 дБ...−18 дБ; в высокочастотной области (на частотах 15...20 кГц) +20 дБ...−18 дБ. При использовании блока в электромузыкальных инструментах глубина регулирования может быть повышена до +36 дБ на низких частотах и до +25 дБ на высоких частотах, что осуществляется подбором резистора *R4*. Коэффициент шума блока не превышает 4 дБ. Для согласования блока с усилителем можно использовать эмиттерный повторитель.

Характеристики блока регулировки тембра показаны на рис. 3.

Дроссели *L1* и *L3* намотаны на ферритовых кольцах МН-2000 диаметром 20 мм. Дроссель *L1* содержит 50 витков провода ПЭВ-1 0,3, дроссель *L3* содержит 1000 витков провода ПЭВ-1 0,1. Дроссель *L2* намотан на Ш-образном сердечнике из пермаллоя с площадью сечения 1 см^2 и содержит 500...1000 витков провода ПЭВ-1 0,15. Дроссель *L2* определяет характеристику блока в области средних частот. Он может быть намотан и на любом другом сердечнике. Количество витков подбирается из условия: при максимальном одновременном подъ-

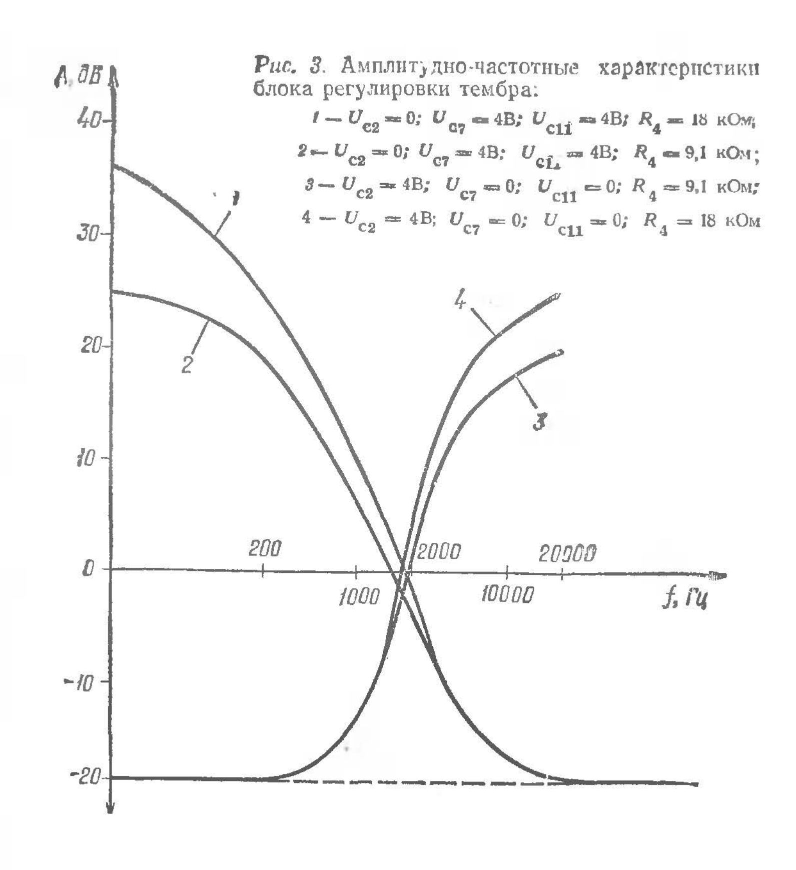


Рис. 3. Амплитудно-частотные характеристики блока регулировки тембра:

1 — $U_{c2} = 0$; $U_{c7} = 4$В; $U_{c11} = 4$В; $R_4 = 18$ кОм;

2 — $U_{c2} = 0$; $U_{c7} = 4$В; $U_{c11} = 4$В; $R_4 = 9{,}1$ кОм;

3 — $U_{c2} = 4$В; $U_{c7} = 0$; $U_{c11} = 0$; $R_4 = 9{,}1$ кОм;

4 — $U_{c2} = 4$В; $U_{c7} = 0$; $U_{c11} = 0$; $R_4 = 18$ кОм

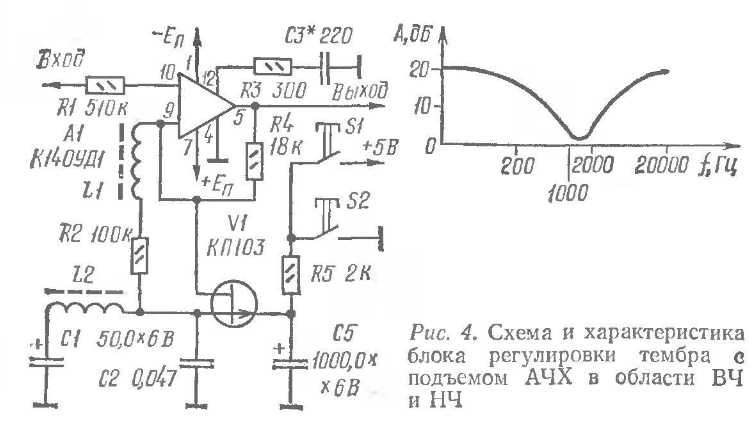


Рис. 4. Схема и характеристика блока регулировки тембра с подъемом АЧХ в области ВЧ и НЧ

еме АЧХ в НЧ и ВЧ областях подъем в области средних частот 1000...2000 Гц не должен превышать 3 дБ.

В схеме могут быть применены следующие элементы: электролитические конденсаторы К50-6, К52-2, ЭТО-2; керамические конденсаторы КЛС, КМ5, КМ6 или конденсаторы типа МБМ. Полевые транзисторы КП103, КП101, КПС104, КП303. При использовании полевых транзисторов с *n*-каналом полярность управляющего напряжения следует изменить на противоположную. Все резисторы МЛТ, УЛМ.

Иногда в звуковоспроизводящих устройствах появляется необходимость одновременного подъема АЧХ в низкочастотных и высокочастотных областях. Схема такого устройства и его характеристика показаны на рис. 4. В данном устройстве цепь обратной связи операционного усилителя шунтируется регулируемым фильтром средних частот таким образом, что при отпирании канала полевого транзистора глубина отрицательной обратной связи на низких и высоких частотах уменьшается относительно средних частот.

Описанные устройства могут быть использованы при построении сравнительно простой звуковоспроизводящей аппаратуры с дистанционным или радиоуправлением, однако их недостатком является отсутствие индикации положения АЧХ.

ЭЛЕКТРОНИКА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И В БЫТУ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР МОЩНОСТИ

В. Гребенщиков, В. Амелин

Предлагаемый вниманию радиолюбителей универсальный регулятор мощности (УРМ) предназначен для плавной регулировки мощности в нагрузке до трех киловатт. С его помощью можно поддерживать постоянными температуру, освещенность и другие параметры.

Возможность регулирования больших мощностей весьма актуальна при конструировании ЦМУ или создании мощных термостабилизаторов.

Универсальный регулятор мощности состоит из генератора пилообразного напряжения, устройства управления тиристором, дифференциального каскада для под-

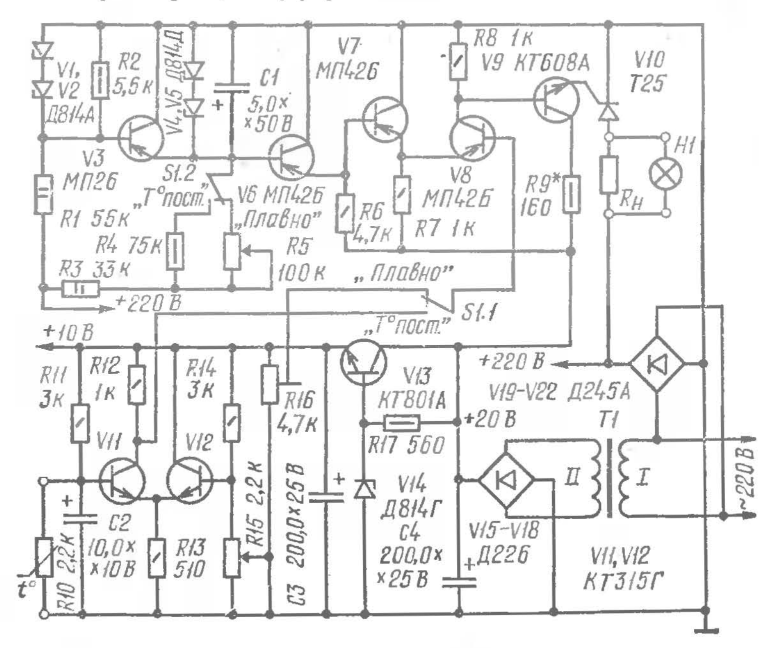


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема универсального регулятора мощности

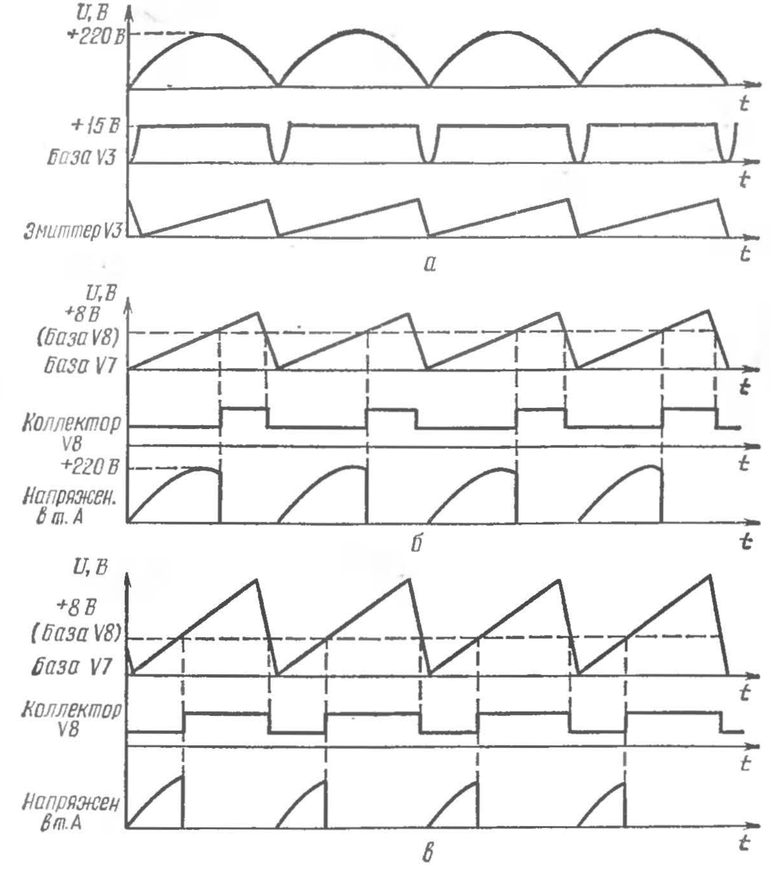


Рис. 2. Временные диаграммы напряжений:

а — генератора пилообразного напряжения; *б* — устройства управления тиристором при верхнем положении движка резистора *R5*; *в* — устройства управления тиристором при нижнем положении движка резистора *R5*

держания постоянной температуры (или освещенности) и блока питания. Принципиальная схема УРМ представлена на рис. 1.

Генератор пилообразного напряжения собран на транзисторе *V3* с *RC* цепочкой (*R3R5C1*) и стабилитронах *V1* и *V2*. Принцип его работы следующий: конденсатор *C1* периодически заряжается через резисторы *R1* и *R5*, а затем быстро разряжается через транзистор *V3*

в то время, когда он открыт. Постоянная времени цепи *R3R5C1* выбрана такой, что за время одной полуволны выпрямленного напряжения конденсатор *C1* успевает зарядиться лишь до напряжения +15 В. На конденсаторе получается напряжение, близкое к пилообразному и синхронированное с напряжением сети. Синхронизация обеспечивается отрицательными импульсами, снимаемыми с делителя напряжения *R1R2* и стабилитронов *V1*, *V2*, открывающих транзистор *V3* в конце каждого полупериода пульсирующего выпрямленного напряжения. На рис. 2 приведены временные диаграммы, поясняющие работу генератора пилообразного напряжения и схемы управления тиристором. Стабилитроны *V4*, *V5* предохраняют последующие каскады от перегрузок по напряжению. Транзистор *V6*, включенный по схеме эмиттерного повторителя, служит для согласования.

Устройство управления тиристором состоит из дифференциального каскада, собранного на транзисторах *V7* и *V8*, и усилителя тока, выполненного на транзисторе *V9*. Это устройство вырабатывает прямоугольные импульсы, длительность которых меняется в зависимости от напряжения на базе транзистора *V8* и пилообразного напряжения, поступающего на базу транзистора *V7*. В течение каждой полуволны выпрямленного напряжения тиристор включается на большее или меньшее время, благодаря чему и достигается плавная регулировка мощности.

Для поддержания постоянной температуры или освещенности используется дифференциальный каскад, собранный на транзисторах *V11* и *V12*, в одно плечо которого включен терморезистор *R10*, а в другое — переменный резистор *R15*, задающий нужную температуру. С повышением температуры уменьшается сопротивление терморезистора и соответственно напряжение на базе транзистора *V11*. Это напряжение сравнивается с напряжением, снимаемым с потенциометра *R15*. Разность напряжений усиливается дифференциальным усилителем и подается на базу транзистора *V8*, что приводит к уменьшению выделяемой на нагрузке мощности. С понижением температуры на базу *V8* подается меньшее напряжение и соответственно мощность в нагрузке возрастает.

Если необходимо поддерживать постоянную освещенность, вместо резистора *R10* устанавливается фоторезистор или фотодиод, включенный в обратном направле-

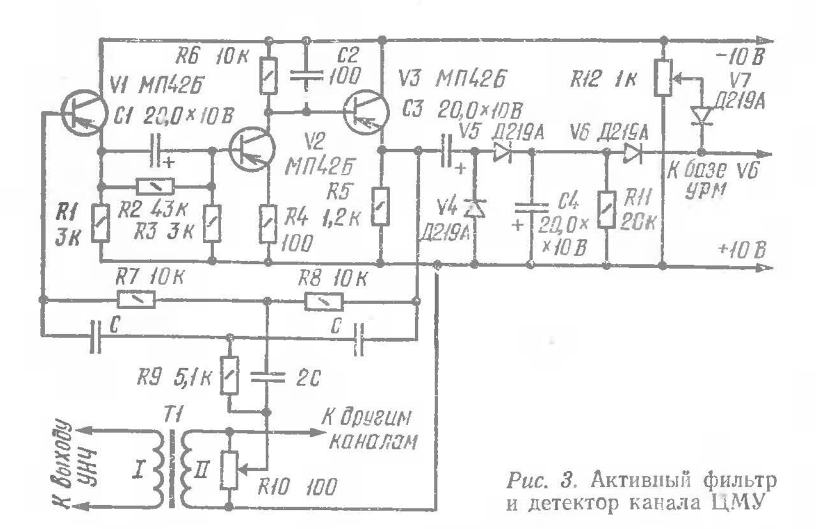


Рис. 3. Активный фильтр и детектор канала ЦМУ

нии. В этом случае конденсатор *C2* следует исключить, а номинал резистора *R15* подобрать экспериментально.

При использовании УРМ с ЦМУ можно применять различные схемы фильтров и детекторов. Необходимо только учесть, что для нормальной работы детектированный сигнал должен иметь постоянную составляющую напряжения +8 В. В качестве примера предлагается активный фильтр на трех транзисторах с Т-образным мостом и детектором для одного из каналов ЦМУ (рис. 3). Генератор пилообразного напряжения и блок питания будут общими для всего устройства, а каскад на транзисторах *V11, V12*, включая резистор *R16*, следует исключить. Выход детектора каждого канала необходимо соединить с базой транзистора *V8* УРМ соответствующего каскада управления тиристоров, а базы транзисторов *V7* УРМ соединить вместе.

Настройку УРМ необходимо начать с тщательной проверки монтажа и только после этого подать питание. Блок питания должен вырабатывать напряжения, указанные в схеме, с точностью ±20 %. Далее следует установить переключатель *S1* в положение «Плавно», в качестве нагрузки включить лампу накаливания *H1* на 220 В, движок потенциометра *R5* установить в нижнее по схеме положение. Передвижением движка подстроечного резистора *R16* добиться такого положения, при котором лампа находится на пороге загорания, но не светится. При этом на базу транзистора *V8* должно быть подано напряжение около +8 В. Затем, передвигая движок потенциометра *R5*, наблюдать за изменением яркости лампы: в нижнем положении движка лампа гореть не должна, а в верхнем — должна светиться полным накалом. Если плавно регулировать яркость не удается, необходимо подобрать сопротивление резистора *R9*, однако делать его менее 100 Ом не рекомендуется. После этого можно приступать к проверке работы УРМ в режиме термостабилизации и градуировке шкалы уставок температуры. Для этого в сосуд с водой следует поместить какой-либо нагреватель, например кипятильник, термометр и терморезистор. Выводы терморезистора не должны вступать в контакт с водой, места их соединения с проводами можно залить эпоксидной смолой. Затем установить тумблер *S1* в положение «Т° пост.», а движок резистора *R15* — в верхнее по схеме положение, и опускать его до тех пор, пока не загорится лампа. При этом надо помешивать воду и следить за показаниями термометра. По истечении некоторого времени температура воды должна установиться и более не подниматься. На шкале резистора *R15* нанести риску, соответствующую полученной температуре, перемещая движок резистора *R15* далее, нанести метки, образующие шкалу уставок температуры.

Для проверки работы активного фильтра ЦМУ (см. рис. 3) по постоянному току необходимо замерить напряжение на базе транзистора *V1*, коллекторе *V2* и эмиттере *V3*. Все они должны быть равными приблизительно половине напряжения источника питания (около +5 В). Емкости конденсатора *C* для фильтра рассчитываются исходя из формулы

$$f_{\text{рез}} = \frac{0{,}16}{RC}.$$

Так, для $f=100$ Гц $C=0{,}16$ мкФ, для $f=300$ Гц $C=0{,}05$ мкФ, для $f=10$ кГц $C=1600$ пФ. Для согласования работы детектора с регулятором мощности на выход детектора следует подать постоянное смещение +8 В с помощью подстроечного резистора *R12*.

УРМ собран из широко распространенных элементов. Транзисторы *V3, V6, V7, V8*, указанные в схеме, можно заменить на любые другие германиевые транзисторы с аналогичными параметрами. Все постоянные ре-

зисторы типа МЛТ, переменные — типа СП-I. Необходимо учесть, что резисторы *R1* и *R3* должны быть рассчитаны на мощность не менее 2 Вт. Электролиты К50-6, но возможны и другие типы. Транзисторы *V11* и *V12* необходимо подобрать по коэффициенту усиления. Еще лучше использовать вместо них микросхему К1НТ291 или К1НТ591 с любым буквенным индексом. Трансформатор в УРМ — типа ТН12, можно взять и другие понижающие трансформаторы с напряжением вторичной обмотки 13...14 В. Терморезистор СТ3-14, но можно и другой, подойдет также переход эмиттер-база германиевых транзисторов. В качестве фотодатчика может быть использован фотодиод ФДК226 или фоторезистор СФ2-4. В ЦМУ в качестве развязывающего трансформатора использован согласующий трансформатор от приемника «Альпинист». Если необходимо регулировать мощность до 500 Вт, то вместо тиристора Т25 можно установить тиристор КУ201 или КУ202 с любыми буквенными индексами. Регулируемую мощность каждого канала можно увеличить от 3 до 10 кВт при использовании более мощных диодов, например В25, В50, и тиристоров (Т50, Т100). Схема УРМ при этом не изменится, но может потребоваться снижение номинала резистора *R9* до 80...50 Ом, при этом коммутация силовой части прибора (сетевой шнур, диодный мостик *V19...V22*, цепь тиристора) должна быть выполнена проводом сечением не менее 2 мм², например МГШВ 2,5.

К конструкции устройства предъявляются следующие основные требования по безопасности: корпус устройства должен быть изолирован от всех токоведущих частей. Все пайки и соединения должны быть выполнены качественно и надежно. При настройке и эксплуатации УРМ следует соблюдать правила техники электробезопасности, так как цепи УРМ гальванически связаны с сетью. Нельзя производить пайку при включенном питании.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

А. Евсеев

Соблюдение режима эксплуатации и, в частности, режима зарядки аккумуляторов гарантирует их безотказную работу. Зарядку аккумуляторов необходимо

производить вполне определенным током, который определяется по формулам:

$$I = \frac{Q}{10} \text{ — для кислотных аккумуляторов,}$$

$$I = \frac{Q}{4} \text{ — для щелочных аккумуляторов,}$$

где Q — паспортная емкость аккумулятора, А·ч, I — средний зарядный ток, А.

Кислотные аккумуляторы особенно чувствительны к отклонению параметров зарядки от номинальных. Установлено, что зарядка чрезмерно большим током приводит к деформации пластин и даже к их разрушению. Зарядный ток, рекомендуемый в инструкции по эксплуатации аккумуляторной батареи, обеспечивает оптимальное протекание электрохимических процессов в аккумуляторе и нормальную его работу в течение длительного времени.

Степень заряженности аккумулятора можно контролировать по значениям плотности электролита и напряжения (для кислотных аккумуляторов) и только напряжения (для щелочных аккумуляторов). Окончание зарядки кислотного аккумулятора характеризуется установлением напряжения на одном элементе аккумуляторной батареи, равного 2,5...2,6 В.

Кислотные аккумуляторы чувствительны к недозарядкам и перезарядкам, поэтому следует своевременно заканчивать зарядку.

Щелочные аккумуляторы менее критичны к режиму эксплуатации. Для них окончание зарядки характеризуется установлением на одном элементе постоянного напряжения 1,6...1,7 В.

Зарядное устройство обычно состоит из трех основных узлов: понижающего трансформатора, выпрямителя и регулятора тока зарядки. В качестве регуляторов тока обычно используют проволочные реостаты, транзисторные и тиристорные стабилизаторы тока. Во всех случаях на этих элементах выделяется значительная тепловая мощность, что снижает КПД зарядного устройства и увеличивает вероятность возникновения пожара, который в автохозяйстве особенно опасен.

Для регулировки зарядного тока можно использовать магазин конденсаторов, включенный последовательно

с первичной обмоткой трансформатора и выполняющий функцию гасящего сопротивления. Упрощенная схема такого устройства приведена на рис. 1. Подобное устройство было описано в статье Г. Кутергина (см. Радио, 1978, № 5, с. 27). Здесь тепловая (активная) мощность выделяется лишь на диодах выпрямительного

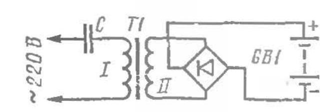


Рис. 1. Упрощенная схема устройства

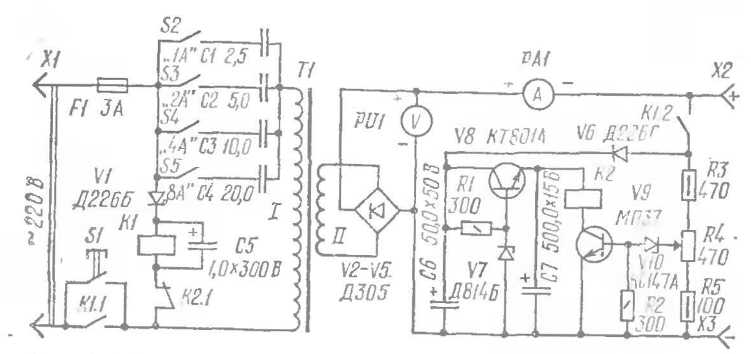


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема зарядного устройства

моста и в трансформаторе, поэтому нагрев устройства незначителен. В этом устройстве ток зарядки аккумулятора поддерживается на определенном уровне. Осуществляется это следующим образом. В процессе зарядки напряжение на аккумуляторе увеличивается, а ток через него стремится уменьшиться. Но при этом возрастает приведенное сопротивление первичной обмотки трансформатора *T1*, падение напряжения на ней увеличивается, и ток через аккумулятор меняется мало.

Анализ показывает, что наибольшее значение тока через аккумулятор при заданной емкости конденсатора *C* будет при равенстве падений напряжения на конденсаторе и первичной обмотке трансформатора. Первичную обмотку трансформатора следует рассчитывать на полное напряжение сети — для большей надежности устройства и возможности применения готовых силовых трансформаторов. Вторичную обмотку следует рассчиты-

вать на напряжение в 1,5 раза большее, чем номинальное напряжение нагрузки.

При изготовлении подобного устройства необходимо предусмотреть возможность автоматического отключения его от сети при обрыве цепи нагрузки, так как ненагруженный трансформатор вместе с конденсатором составят колебательный контур, в котором возникнет резонанс, при этом конденсатор и трансформатор могут выйти из строя.

В соответствии с вышеуказанными рекомендациями и расчетами было разработано и собрано зарядное устройство, обеспечивающее зарядку 12-вольтовых аккумуляторных батарей током до 15 А, причем ток зарядки можно менять ступенями через 1 А. Предусмотрена возможность автоматического выключения устройства, когда аккумулятор полностью зарядится. Устройство не боится кратковременных замыканий в цепи нагрузки и обрывов в ней. Схема зарядного устройства представлена на рис. 2. Магазин конденсаторов состоит из четырех конденсаторов *C1*, *C2*, *C3*, *C4*, суммарная емкость которых составляет 37,5 мкФ. Переключателями *S2...S5* можно подключать различные комбинации конденсаторов и менять тем самым уставку зарядного тока. Так, например, для получения тока 11 А необходимо замкнуть переключатели *S2*, *S3*, *S5*.

Допустим, что к гнездам *X2*, *X3* подключена батарея аккумуляторов, и переключателями *S2...S5* установлен требуемый зарядный ток. В этом случае при нажатии кнопки *S1* «Пуск» сработает реле *K1*, контактами *K1.1* заблокирует контакты кнопки *S1*. Контактами *K1.2* оно подключит к аккумулятору цепь автоматического отключения устройства. Эти контакты необходимы для того, чтобы не происходила разрядка аккумулятора после отключения устройства от сети через диод *V6* и резисторы *R3...R5*. Переменным резистором *R4* устанавливают порог срабатывания реле *K2* (оно должно срабатывать при напряжении на гнездах *X2*, *X3*, равном напряжению полностью заряженного аккумулятора). Когда напряжение аккумулятора достигнет заданного значения, откроются стабилитрон *V10* и транзистор *V9*, сработает реле *K2* и отключит устройство от сети. При нарушении контакта в цепи нагрузки напряжение на гнездах *X2*, *X3* резко возрастет, сработает реле *K2* и отключит устройство от сети. Аварийное отключение устройства произой-

дет при любом положении движка переменного резистора $R4$. Но такие случаи нежелательны, так как в течение времени срабатывания реле $K2$ и отпускания реле $K1$ конденсаторы $C1...C4$ будут находиться под повышенным напряжением.

В устройстве применены широко распространенные детали. Все резисторы — типа МЛТ, переменный резистор $R4$—СП-I. Вместо транзистора КТ801А ($V8$) можно применить КТ602, КТ603, П701 с любыми буквенными индексами, вместо МП37 ($V9$) — КТ315, КТ312, КТ601...КТ603 также с любыми буквенными индексами. Приборы $PA1$ и $PU1$ — типа М5-2, рассчитанные соответственно на 30 А и 30 В. Реле $K1$ — типа РС-13, паспорт РС4.523.029. Контакты К1.1 образованы тремя группами параллельно соединенных контактов. Возможно применение реле типа МКУ-48, рассчитанного на переменное напряжение 220 В. В этом случае надобность в выпрямителе $V1$, $C5$ отпадает. Реле $K2$ — типа РЭС-15, паспорт РС4.591.003. Диоды Д305 установлены на едином радиаторе с поверхностью охлаждения 300 см^2. Они электрически изолированы от радиатора слюдяными прокладками. Радиатор крепится к шасси из дюралюминия, которое является как бы продолжением радиатора. Вместо диодов Д305 можно применить Д214, Д242, но в этом случае в 3...4 раза возрастет тепловая мощность, рассеиваемая на них, и размеры радиатора придется увеличить. Конденсаторы $C1...C4$ составлены из параллельно соединенных конденсаторов КБГ-МН, МБГЧ, МБГО, МБГП, МБМ. Нормальное напряжение конденсаторов КБГ-МН, МБГЧ, рассчитанных на работу в цепях переменного тока, должно быть не менее 300 В, всех остальных типов — не менее 600 В. Конденсаторы $C5...C7$ — К50-3, К50-6, ЭГЦ. Трансформатор $T1$ выполнен на магнитопроводе Ш32×100. Обмотка I содержит 320 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,16 мм, обмотка II — 34 витка ПЭВ-2 диаметром 2,46. При отсутствии такого толстого провода намотку можно вести несколькими проводами меньшего диаметра. Переключатели $S1...S5$ — типа ТВ2-1.

Зарядное устройство собрано в металлическом корпусе размерами 360×220×220 мм, в котором просверлены отверстия для циркуляции воздуха.

Устройство, собранное без ошибок и из исправных деталей, начинает работать сразу. Настройка его сводится к подбору конденсаторов $C1...C4$, обеспечивающих требуемые зарядные токи. Переменный резистор $R4$ можно снабдить шкалой со значениями напряжений, при которых происходит отключение устройства (при полностью заряженной аккумуляторной батарее).

При зарядке 12-вольтовых аккумуляторов током 15 А КПД устройства достигал 85 %, а температура внутри корпуса после 10 часов непрерывной работы не поднималась выше 40 °С.

Данное устройство можно применять и для зарядки аккумуляторов с меньшим напряжением, чем 12 В, но при этом значения зарядных токов не будут соответствовать надписям около переключателей $S2...S5$. Зарядный ток в этом случае не должен превышать 15 А.

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

СВЕТОДИОДЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

А. Юшин

В основе принципа действия полупроводниковых светодиодов лежит преобразование электрической энергии в электромагнитное излучение, спектр которого полностью или частично лежит в видимой области. Светодиодная структура представляет собой электронно-дырочный переход, в котором одна из областей является эмиттерной, а другая — базовой. При подаче на p-n переход прямого смещения начинается инжекция электронов из эмиттерной (n) в базовую область (p).

Отметим, что одновременно происходит процесс инжектирования дырок из p в n-область, соответственно и рекомбинации носителей тока происходят как в p, так и в n-области, но именно базовая p-область является той частью полупроводниковой структуры, в которой происходит эффективное преобразование энергии инжектированных электронов в световую энергию.

В соответствии с квантовой теорией возбужденный электрон, инжектированный в базовую область, рекомбинируя с дыркой, испускает квант энергии излучения. При этом максимальное значение энергии, которое может выделиться при рекомбинации, равно ширине запрещенной зоны данного полупроводника. В полупровод-

Таблица

Параметры и максимально допустимые режимы работы светодиодов

Тип прибора	Материал	Цвет свечения	L, кд/м²	I_v, мкд, не менее	$I_{пр}$, мА	$U_{пр}$, В, не более	λ_{max}, мкм	$I_{пр.max}$, мА	$U_{обр.max}$, В	Условное обозначение на корпусе
КЛ101А	SiC	Желтый	10		10	5,5	0,67	10	3	
КЛ101Б	SiC	Желтый	15		20	5,5	0,67	20	3	
КЛ101В	SiC	Желтый	20		40	5,5	0,67	40	3	
2Л101А	SiC	Желтый	10		10	5	0,67	10	3	
2Л101Б	SiC	Желтый	15		20	5	0,67	20	3	
АЛ102А	GaP	Красный		0,04	5	2,8	0,69	10	2	Красная точка
АЛ102Б	GaP	Красный		0,1	10	2,8	0,69	10	2	2 красные точки
АЛ102В	GaP	Зеленый		0,2	20	2,8	0,53	22	2	Зеленая точка
АЛ102Г	GaP	Красный		0,25	10	2,8	0,69	10	2	3 красные точки
АЛ102Д	GaP	Зеленый		0,4	20	2,8	0,53	22	2	2 зеленые точки
3Л102А	GaP	Красный		0,02	5	3	0,69	11	2	Черная точка
3Л102Б	GaP	Красный		0,1	10	3	0,69	11	2	2 черные точки
3Л102В	GaP	Зеленый		0,25	20	2,8	0,53	22	2	Белая точка
3Л102Г	GaP	Красный		0,06	10	3	0,69	21	2	3 черные точки
3Л102Д	GaP	Красный		0,2	10	3	0,69	11	2	2 белые точки
АЛ112А	GaAlAs	Красный	1000		10	2	0,68	12	—	Красная полоса
АЛ112Б	GaAlAs	Красный	600		10	2	0,68	12	—	Зеленая полоса
АЛ112В	GaAlAs	Красный	250		10	2	0,68	12	—	Синяя полоса
АЛ112Г	GaAlAs	Красный	350		10	2	0,68	12	—	Красная полоса
АЛ112Д	GaAlAs	Красный	150		10	2	0,68	12	—	Зеленая полоса
АЛ112Е	GaAlAs	Красный	1000		10	2	0,68	12	—	Красная точка
АЛ112Ж	GaAlAs	Красный	600		10	2	0,68	12	—	Зеленая точка
АЛ112И	GaAlAs	Красный	250		10	2	0,68	12	—	Синяя точка
АЛ112К	GaAlAs	Красный	1000		10	2	0,68	12	—	Красная точка
АЛ112Л	GaAlAs	Красный	600		10	2	0,68	12	—	Зеленая точка
АЛ112М	GaAlAs	Красный	250		10	2	0,68	12	—	Синяя точка
АЛ301А	GaAlAs	Красный		0,025	5	2,8	0,7	11	—	Красная точка
АЛ301Б	GaAlAs	Красный		0,1	10	2,8	0,7	11	—	2 красные точки
АЛ307А	GaAlAs	Красный		0,15	10	2	0,666	20	2	Черная точка
АЛ307Б	GaAlAs	Красный		0,9	10	2	0,666	20	2	2 черные точки
АЛ307В	GaP	Зеленый		0,4	20	2,8	0,566	22	2	Черная точка
АЛ307Г	GaP	Зеленый		1,5	20	2,8	0,566	22	2	2 черные точки
АЛ307Д	GaP	Желтый		0,4	10	2,5	0,56; 0,7	22	2	Черная точка
АЛ307Е	GaP	Желтый		1,5	10	2,5	0,56; 0,7	22	2	2 черные точки
АЛ307И	GaP	Оранжевый		0,4	10	2,5	0,56; 0,7	22	2	Белая точка
АЛ307Л	GaP	Оранжевый		1,5	10	2,5	0,56; 0,7	22	2	2 белые точки
АЛ307АМ	GaAlAs	Красный		0,15	10	2	0,666	20	2	

Тип прибора	Материал	Цвет свечения	L, кд/м²	I_v, мкд, не менее	$I_{пр}$, мА	$U_{пр}$, В, не более	λ_{max}, мкм	$I_{пр.max}$, мА	$U_{обр.max}$, В	Условное обозначение на корпусе
АЛ307БМ	GaAlAs	Красный		0,9	10	2	0,666	20	2	
АЛ310А		Красный		0,9	10	2	0,67	12	—	Красная точка
АЛ310Б	GaAlAs	Красный		0,4	10	2	0,67	12	—	Синяя точка
АЛ316А	GaAlAs	Красный		0,8	10	2	0,67	12	—	Красная полоса
АЛ316Б	GaP	Красный		0,25	10	2	0,67	12	—	Синяя полоса
3Л341А	GaP	Красный		0,15	10	2,8	0,69–0,71	11	2	
3Л341Б	GaP	Красный		0,5	10	2,8	0,69–0,71	11	2	
3Л341В	GaP	Зеленый		0,15	10	2,8	0,55–0,56	12	2	
3Л341Г	GaP	Зеленый		0,5	10	2,8	0,55–0,56	12	2	
3Л341Д	GaP	Желтый		0,15	10	2,8	0,55; 0,69	12	12	
3Л341Е	GaP	Желтый		0,5	10	2,8	0,55; 0,69	12	2	
АЛС331А	GaP	От красного до зеленого		0,6	20	4	0,56; 0,7	11	2	

Примечания: 1. Интервал рабочих температур: −10 ... +70 °С для КЛ101А-В, 2Л101А-Б; −60 ... +70 °С для всех остальных.

2. Параметры даны при $T_{окр}$ = +25 °С. Максимально допустимые действительны во всем интервале температур.

3. Тип светодиодов КЛ101А-В, 2Л101А-Б, АЛ307АМ-БМ, 3Л341А-Е, АЛС331А указывается на индивидуально-групповой упаковке.

4. Светодиоды АЛ307Д-Л, 3Л341Д-Е, АЛС331А имеют 2 значения λ_{max} на спектральной характеристике.

5. Для светодиодов 3Л341А-Г указаны границы допустимого разброса значений λ_{max}.

никовых материалах с шириной запрещенной зоны менее 1,8 эВ может возбуждаться излучение с длиной волны более 0,7 мкм, которое лежит за пределами диапазона длин волн видимого света (диапазон длин волн видимого света составляет 0,45...0,68 мкм). Например, такие распространенные полупроводниковые материалы, как германий (0,66 эВ), кремний (1,12 эВ) и даже арсенид галлия (1,44 эВ), для изготовления светодиода не используются. Основными полупроводниковыми материалами, применяющимися в настоящее время для изготовления серийных светодиодов, являются фосфид галлия (GaP), твердые растворы (GaAsP, GaAlAs) и карбид кремния (SiC).

Светодиоды, как и все светоизлучающие приборы в устройствах отображения, используются для визуального отображения изменяющейся информации. Эффективность воздействия светового излучения на зрение зависит от длины волны излучения (максимальная чувствительность глаза лежит в зеленом спектре — 0,55 мкм).

Основные параметры и максимально допустимые режимы светодиодов даны в таблице.

$I_{пр}$ — номинальный прямой ток через светодиод.

I_v — сила света — световой поток, излучаемый светодиодом, приходящийся на единицу телесного угла в направлении, перпендикулярном к плоскости излучающего кристалла. Измеряется в канделах (люмен на стерадиан).

L — яркость — величина, равная отношению силы света к площади светящейся поверхности. Измеряется в канделах на квадратный метр.

$U_{пр}$ — напряжение на светодиоде при протекании через него постоянного прямого тока.

$I_{пр.max}$ — максимально допустимый постоянный прямой ток — ток, при котором обеспечивается заданная надежность при длительной работе.

$U_{обр.max}$ — максимально допустимое обратное постоянное напряжение — напряжение, при котором обеспечивается заданная надежность диода при длительной работе.

λ_{max} — длина волны светового излучения, соответствующая максимуму спектральной характеристики светодиода.

$T_{окр}$ — допустимый интервал окружающих температур.

Важнейшей характеристикой светодиода как источника света является яркостная характеристика $L = f(I_{пр})$ или зависимость $I_v = f(I_{пр})$ (рис. 1). Ее нелинейный (начальный) участок, характеризуемый низкой яркостью (силой света), не используется, линейный участок является рабочим. Для светодиодов характерно явление деградации яркости (силы света) с течением времени при работе в номинальном режиме и особенно при повышенной температуре.

Интенсивность излучаемых длин волн у светодиодов характеризуется спектрами излучения. Светодиоды на

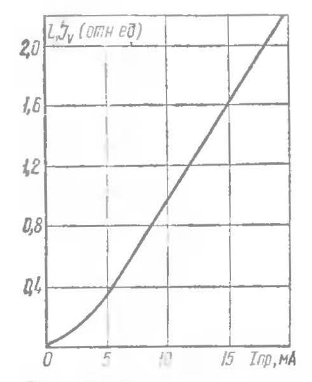


Рис. 1. Типовая кривая зависимости яркости (силы света) от постоянного прямого тока для светодиодов

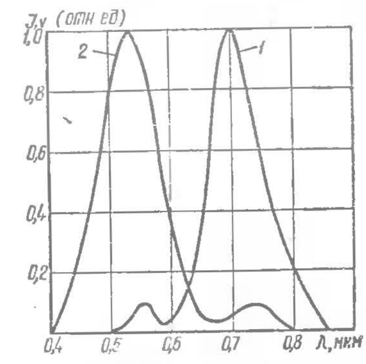


Рис. 2. Типовой спектр излучения светодиодов:

1 — для светодиодов красного цвета свечения; *2* — для светодиодов зеленого цвета свечения

основе GaP имеют спектры излучения с двумя выраженными максимумами — красным и зеленым (рис. 2). В зависимости от количества специальных примесей, внедренных в структуру излучающего кристалла при изготовлении, соотношение между значениями максимумов изменяется в пользу либо красного, либо зеленого спектра. При достижении этого соотношения ~ 10 : 1 и выше получают светодиоды соответственно красного или зеленого свечения. При соотношении максимумов 10 : 4 получаются светодиоды желто-оранжевого цвета свечения.

Светодиод как точечный источник света характеризуется диаграммой направленности, т. е. зависимостью силы света от направления, которая определяется его конструкцией, наличием линзы, оптическими свойствами

материала. Свечение может быть узконаправленным и рассеянным.

Как элемент электрической цепи светодиод характеризуется вольтамперной характеристикой, близкой к характеристике обычного выпрямительного диода. Характерным для нее является наличие начального порога включения 1,5...2,2 В и линейность на рабочем участке.

Параметры светодиодов существенно зависят от температуры. Зависимость яркости (силы света) от температуры — линейна; с увеличением температуры яркость резко падает, изменяясь в интервале рабочих температур в 2...3 раза.

Серийные диоды имеют сравнительно большой разброс параметров и характеристик. В таблице указаны предельные значения параметров, являющихся критерием годности приборов при их производстве.

Светодиоды обладают достаточно высоким быстродействием, однако для устройств отображения, в которых они обычно используются, временные параметры не являются критичными и поэтому не приводятся. Светодиод с переменным цветом свечения АЛС331А содержит в корпусе два светоизлучающих перехода, один из которых имеет резко выраженный максимум спектральной характеристики в красной полосе, другой — в зеленой. При совместной работе переходов цвет излучения светодиода зависит от соотношения токов через эти переходы.

Светодиоды АЛ102, 3Л102, 3Л341 выпускаются в металлическом корпусе со стеклянной линзой, обеспечивающей направленное излучение света. Для повышения влагоустойчивости этих светодиодов допускается после монтажа покрытие их прозрачным лаком. Светодиоды АЛ307, АЛ316, АЛ310, АЛ112А...АЛ112В, АЛ112К... АЛ112М изготавливаются в пластмассовых корпусах, выполненных из оптически прозрачного компаунда, создающего обычно рассеивающее излучение. Бескорпусные светодиоды (КЛ101, 2Л101, АЛ301) во избежание механических повреждений и загрязнений поверхности поставляют в специальной таре-спутнике. При монтаже допускается закрепление их с помощью клея ОК-72Ф. В процессе эксплуатации светодиодов должны соблюдаться меры, обеспечивающие чистоту оптической поверхности.

Светодиоды как элементы индикации обладают рядом преимуществ: малые габариты, низкое напряжение

питания, набор различных цветов свечения, устойчивость к механическим воздействиям, большой срок службы. Поэтому они с успехом используются в схемах индикации включения, готовности к работе, наличия напряжения в блоке, нормальной работоспособности узла, аварийной ситуации, достижения температурного порога, выполнения функционального задания и других схе-

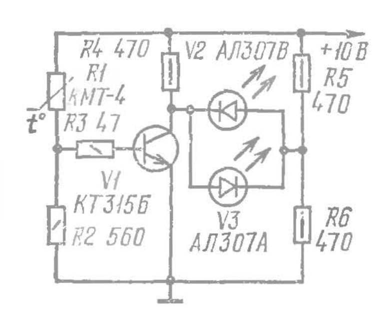


Рис. 3. Схема индикации заданной температуры

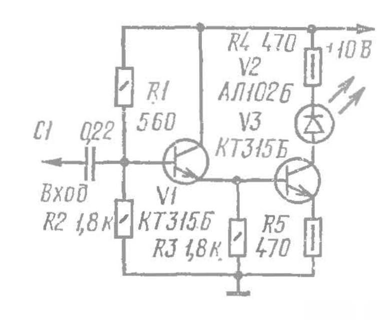


Рис. 4. Схема индикации контролируемого сигнала

мах, хорошо согласуясь по электрическим параметрам с полупроводниковыми приборами и микросхемами.

На рис. 3 показано устройство, сигнализирующее установление заданной температуры в термостатическом объеме. В начальном положении при высоком омическом сопротивлении датчика-термистора *R1* транзистор *V1* заперт — горит светодиод красного цвета *V3* (идет рост температуры). При достижении заданной температуры и снижении до соответствующего уровня сопротивления *R1* открывается транзистор *V1*, после чего гаснет красный и загорается зеленый светодиод *V2*.

Схема индикации наличия сигнала модуляции приведена на рис. 4. При появлении на входе сигнала модуляции часть энергии этого сигнала через конденсатор *C1* отбирается в схему, усиливается двумя транзисторами и преобразуется в мигание светодиода *V2*. По индикатору можно визуально судить о наличии сигнала модуляции.

Светодиоды успешно применяются для индикации состояния логических устройств, что бывает нужно при контроле выходных и входных цепей, делает удобным эксплуатацию системы. Аналогичное применение светодиоды находят для индикации состояния триггерных

ячеек, в оперативных запоминающих устройствах и блоках регистров, особенно при диагностическом контроле и отладке. Бескорпусные светодиоды применяются для контроля работоспособности закрытых блоков. Светодиод, встроенный в закрытый блок, сигнализирует об отказе или сбое без дополнительных проверок и замеров. Это позволяет сократить время устранения неис-

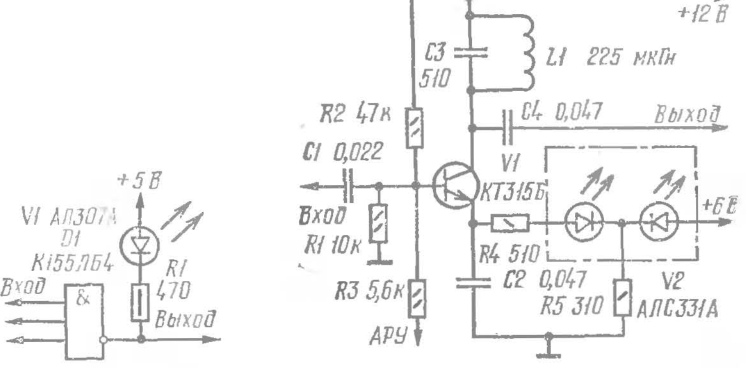


Рис. 5. Схема индикации состояния логического элемента

Рис. 6. Схема индикации настройки на радиопередающую станцию

правности в системе. На рис. 5 показана схема индикации состояния выхода логического элемента. Свечение светодиода *V1* соответствует низкому уровню сигнала на выходе.

Светодиод с переменным цветом свечения АЛС331А может служить индикатором изменения токовых режимов в электронных цепях. На рис. 6 показана схема использования индикатора для точной настройки радиоприемника на радиопередающую станцию. В блоке УПЧ при отсутствии входного полезного сигнала в эмиттерной цепи транзистора *V1* течет максимальный постоянный ток, который вызывает красное свечение индикатора АЛС331А (левый излучающий переход открыт). По мере усиления входного сигнала постоянная составляющая в эмиттерной цепи падает, потенциал средней точки индикатора уменьшается, открывается правый излучающий переход. Таким образом во время настройки цвет свечения индикатора последовательно меняется от красного до зеленого.

ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА

ПРОГРАММАТОР ДЛЯ МИКРОСХЕМ К556РЕ4

Н. Назаров

Программируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ) К556РЕ4 применяется в устройствах автоматики и вычислительной техники. Организация его — 256 слов по 4 разряда. Схема представлена на рис. 1.

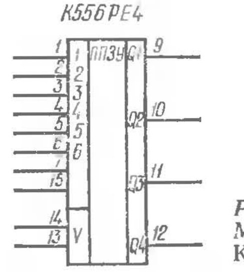
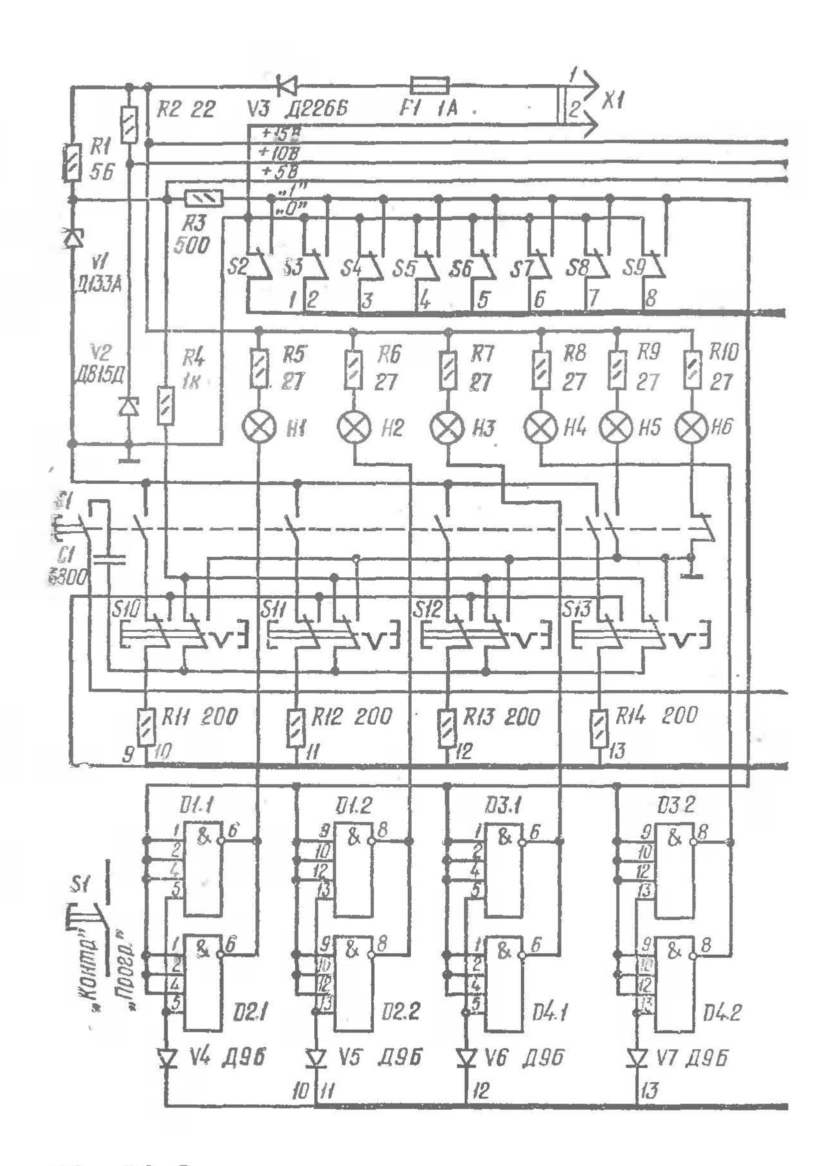


Рис. 1. Микросхема К556РЕ4

Питание микросхемы — +5 В;
8 вывод — общий, *16* — +5 В;
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 15 выводы — адресные входы;
Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 — выходы;
13, 14 — входы разрешения выборки. В программаторе вход *13* объединен с общим.

Выходы микросхемы для удобства организации запоминающих устройств большой емкости без использования мультиплексоров выполнены по схеме с открытым коллектором. Можно соединять выходы нескольких микросхем по схеме «монтажное ИЛИ». В устройствах вычислительной техники ППЗУ используются в качестве запоминающего устройства для хранения программ. В любительской технике ППЗУ может быть использовано для хранения неизменной части серии передаваемых сигналов (см. Пузаков. ППЗУ в спортивной аппаратуре.— Радио, № 1, 1982, с. 22), в качестве перекодировщика, в качестве знакогенератора, так, например, К556 можно использовать (после соответствующего программирования) вместо знакогенераторов К155 РЕ21...К155 РЕ24 или с его помощью создать уникальный знакогенератор на специальные символы или стилизованные изображения; на базе К556РЕ4 можно создать специальные дешифраторы для генерации букв, цифр или символов на сегментных или матричных индикаторах. Функционально микросхема — аналог К155РЕ3 и отличается только объемом, организацией и условиями программирования. Микросхемы поставляются с записанными во всех разрядах нулями. Для использования микросхем их следует запрограммировать в соответствии с картой прошивки, т. е. записать единицы в нужные разряды по выбранным адресам. На предприятиях, использующих их в серийной продукции, для их программирования используются автоматические устройства на базе ЭВМ. При установке микросхем в единичных изделиях и в любительской практике запись информации в ППЗУ можно произвести с помощью предлагаемого устройства, осуществляющего контроль и программирование микросхем К556РЕ4.

Принципиальная схема программатора приведена на рис. 2. Переключателем *S1* выбирается режим контроля («Контр.») или программирования («Прогр.»). Режим индицируется на лампах накаливания *H5* и *H6*. В режиме программирования подсвечивается лампа *H5*. В режиме контроля — *H6*. В этом режиме лампы *H1...H4* индицируют состояния выходов микросхемы. Сигналы с выходов *9...12* микросхемы К556РЕ4, установленной в колодку с пружинными контактами *X2*, инвертируются и усиливаются на микросхемах *D1...D4* и с их выходов поступают на лампы *H1...H4*. В режиме «Прогр.» лампы *H1...H4* не подсвечиваются. Диоды *V4...V7* служат для защиты входов микросхем *D1...D4* от воздействия повышенного напряжения, подающегося на выводы *9...12* в режиме программирования. Переключатели *S2...S9* служат для задания адреса. Сигналы с них приходят на контакты *1...7, 15 X2*. Программатор запитывается от стабилизированного источника постоянного тока 16 В, ток потребления около 500 мА. Диод *V3* служит для защиты элементов при неправильном подключении источника питания. Необходимые напряжения 5 В и 10 В вырабатываются соответственно на стабилизаторах *R1, V1* и *R2, V2*. При переводе переключателя *S1* в положение «Прогр.» выходы микросхемы К556РЕ4, установленной в колодке *X2*, подключаются к общему проводу через резисторы *R11...R14* и разрешается прохождение сигнала запуска на входы *5* одновибраторов на микросхемах



D7 и *D8*. Сигнал запуска появляется при нажатии одного из переключателей с самовозвратом *S10...S13*. Нулевой уровень через дифференцирующий конденсатор *C1* запускает одновибраторы. Временные диаграммы, поясняющие работу одновибраторов и последовательность

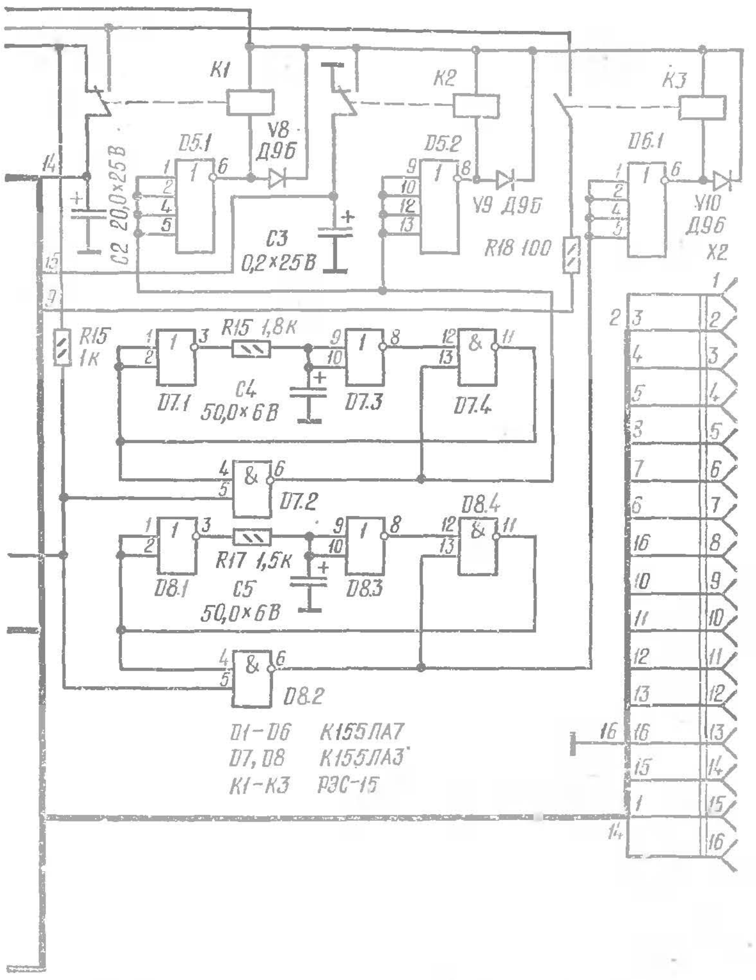


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема программатора

подачи сигналов на программируемую микросхему, приведены на рис. 3.

Работу одновибратора рассмотрим на примере микросхемы *D7*, *RS* триггер (*D7-2*, *D7-4*) переключается

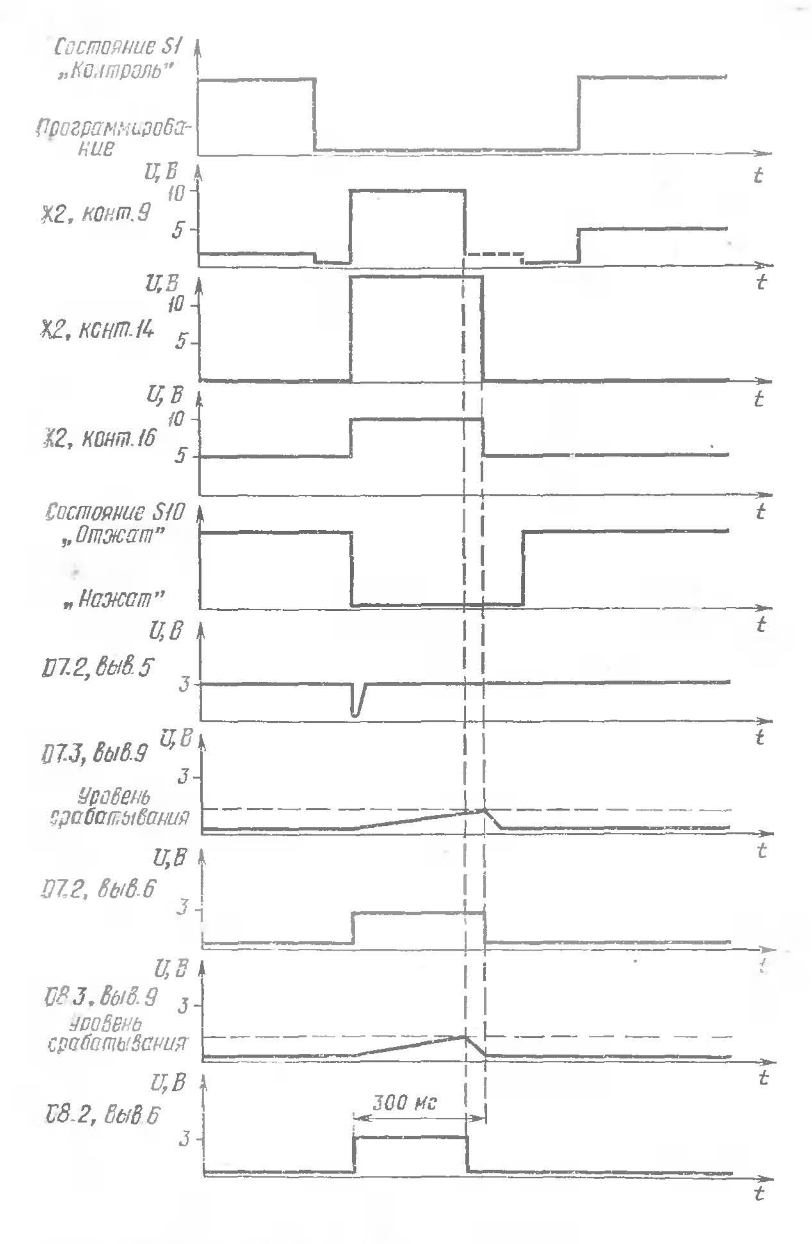


Рис. 3. Временная диаграмма работы устройства

нулевым сигналом со входа 5 *D7-2*. На выходе *11* появляется низкий уровень (подтверждающий состояние триггера), а на выходе *3* — высокий. Конденсатор *C4* начинает заряжаться через резистор *R15*. Во время его зарядки до уровня срабатывания с выхода *6* идет высокий уровень, удерживающий контакты реле *K1* и *K2* в замкнутом состоянии. При достижении на входах *9*, *10* уровня срабатывания на выходе *8* появляется низкий уровень, переключающий *RS* триггер в начальное состояние вне зависимости от состояния переключателей *S10*... *S13*. Контакты реле размыкаются. Таким образом задается оптимальное время программирования и микросхема защищается от перегрева. Длительность импульса одновибратора на микросхеме *D8* меньше, так как номинал резистора во времязадающей цепочке меньше. Как видно из схемы и временной диаграммы, во время цикла программирования через контакты реле *K1* на вывод *16* (питание микросхемы К556РЕ4) подается 10 В, на вывод *14* — 15 В, а на программируемый вход — 10 В через резистор сопротивлением 300 Ом. Остальные выходы микросхемы соединены с общим проводом через резистор 200 Ом. В течение цикла программирования кнопка, выбирающая программируемый разряд, должна быть нажата, только в этом случае на выбранный вывод поступает повышенное напряжение. Следует упомянуть об ограничениях.

1. Программировать в одном цикле только один разряд.

2. Скважность импульсов должна составлять не менее 8.

3. Время программирования ~ 300 мс.

Нажатием других кнопок *S10*...*S13* записываются логические 1 в прочие разряды, подлежащие программированию. Переводом переключателя режима в положение «Контр.» можно проверить правильность программирования. Лампы по разрядам, подвергшимся программированию, должны светиться. Если 1 в нужный разряд не записалась, следует повторить программирование этого разряда. Если запись верна, то переключателями *S2*... *S9* выбирается следующий адрес и проводится программирование следующего слова.

Устройство смонтировано на двух платах: на передней — все элементы управления и индикации; на второй — электронные компоненты. Переключателя вклю-

чения нет — для включения (выключения) следует использовать переключатель источника питания. Переключатели *S2...S9* типа ПД; *S10...S13* — кнопочные с самовозвратом и с подсветкой. Переключатель *S1* — двухкнопочный с фиксацией и с подсветкой. Все установленные в переключателях лампы (*H1...H6*) — коммутаторные 12 В, 0,05 А. Реле, микросхемы и другие электронные компоненты установлены на печатной плате с контактными площадками для монтажа микросхемы. Соединения выполнены проводом МГТФ-0,14. Примененные реле РЭС-15 (РС4.596.004) могут быть заменены на РЭС-10 (РС4.524.303) или герконовые РЭС-55-Б (РС4.569.632) с соответствующим ограничением тока обмотки. В качестве элементов *V4...V7* могут быть применены любые германиевые точечные диоды. Колодка *X2* установлена на консольной части платы с электронными компонентами. Колодка вынесена за пределы кожуха программатора для удобства установки микросхемы и улучшения условий охлаждения.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ С ИНДИКАЦИЕЙ НА ИВ-22

А. Ануфриев, И. Воробей

Электронные часы с индикацией времени газоразрядными индикаторами типа ИН требуют применения большого числа высоковольтных транзисторов П307...П309, КТ605 или специальных микросхем повышенной степени интеграции, дешифрующих код двоичных счетчиков в десятичный и одновременно коммутирующих катоды индикаторных ламп. Все эти элементы не всегда доступны радиолюбителям. Кроме того, индикаторы типа ИН обладают рядом недостатков. Для их питания требуется источник высокого напряжения 180...200 В, что повышает трудоемкость изготовления сетевого трансформатора блока питания, также они имеют малый угол обзора и затрудненную различаемость цифр при ярком внешнем освещении.

От всех этих недостатков свободны электронные часы с индикацией времени на вакуумных люминисцентных индикаторах типа ИВ. Цифры в индикаторах такого типа формируются из семи сегментов, высвечиваемых в

определенных сочетаниях. Все аноды-сегменты расположены в баллоне в одной плоскости, что повышает угол обзора индицируемых цифр до 120...140°, хорошо различимых даже при ярком свете. Приятное зеленое свечение сегментов позволяет использовать электронные часы в домашних условиях вместо ночника.

Часы выполнены на микросхемах серии 217 и 155. Погрешность их работы определяется нестабильностью кварцевого резонатора и в данном случае составляет около 10 с в месяц. Отсчет времени обеспечивается с точностью до 1 с с помощью шести индикаторных ламп ИВ-22. Часы питаются от сети переменного тока напряжением 220 В. Потребляемая мощность не превышает 7 Вт (при отключенной индикации 5 Вт). Электронные часы позволяют производить ручную коррекцию их хода по сигналам точного времени, предварительную установку счетчиков минут и часов без нарушения связи входной цепи устанавливаемого счетчика с выходом предыдущего, отключать индикацию времени без нарушения счета. Предусмотрены автоматическое уменьшение яркости свечения индикаторов в ночное время суток и подача звукового сигнала будильника в заранее установленное время.

Принципиальная схема электронных часов приведена на рис. 1. Они включают в себя кварцевый генератор на микросхеме *D1* и резонаторе *Z1*, делитель частоты с коэффициентом деления 10^5 (*D4...D8*), счетчики секунд (*У1.1*), минут (*У1.2*) и часов (*У2*), узел звуковой сигнализации (*S7...S10, D11...D15, V21...V26, B1*), генераторы одиночных импульсов (*D2, D3 и D9, D10*) и блок питания (*T1, V1...V16, A1*).

Задающий генератор вырабатывает прямоугольные импульсы с частотой следования 100 кГц. С вывода *11* микросхемы *D1* импульсы генератора поступают на делитель частоты, преобразующий их в секундные импульсы. Делитель частоты выполнен на пяти микросхемах 155ИЕ1 (*D4...D8*), представляющих собой десятичные счетчики с коэффициентом пересчета 10. С выхода делителя частоты (вывод *5* микросхемы *D8*) импульсы с частотой следования 1 Гц поступают на счетчик секундных импульсов *У1.1* и в узел звуковой сигнализации для модуляции тонального сигнала будильника. Счетчик секундных импульсов (рис. 2) состоит из счетчика единиц секунд (микросхемы *D5...D10*) с коэффи-

Рис. 1. Принципиальная схема электронных часов

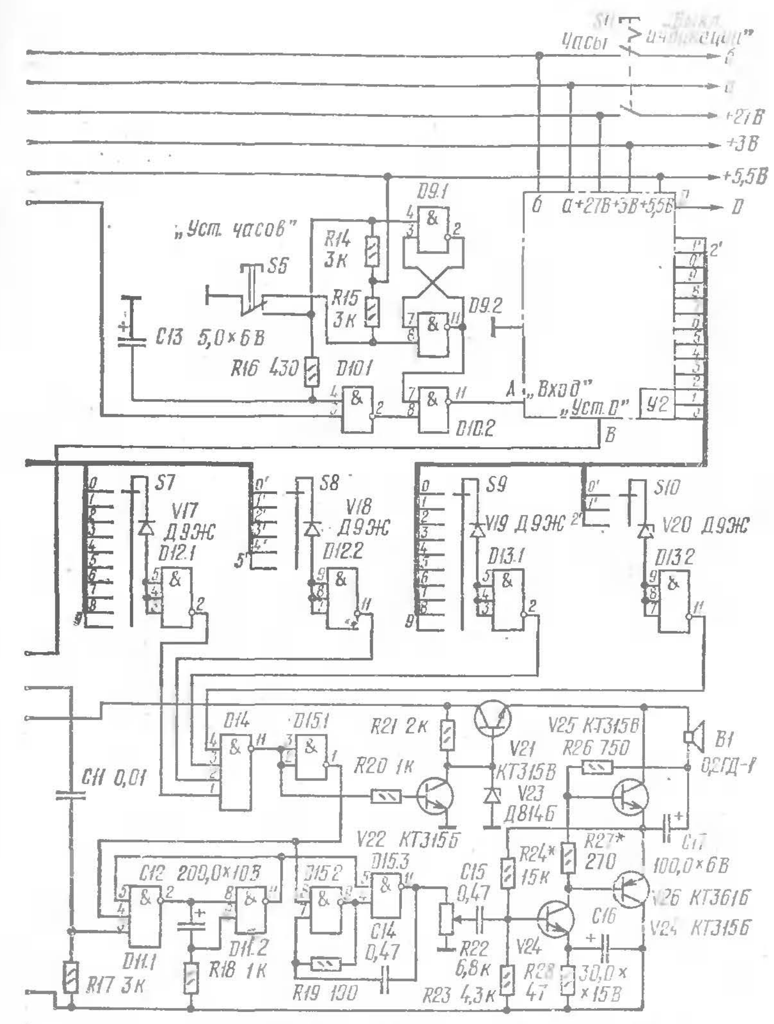


Рис. 1. Принципиальная схема электронных часов (продолжение)

циентом пересчета 10 и счетчика десятков секунд (микросхемы *D11...D14*) с коэффициентом пересчета 6. На выходе секундного счетчика формируются импульсы с периодом следования 1 мин. Эти импульсы, дважды инвертируемые элементами *D3.1* и *D3.2* (см. рис. 1), поступают на вход счетчика минутных импульсов. Для пре-

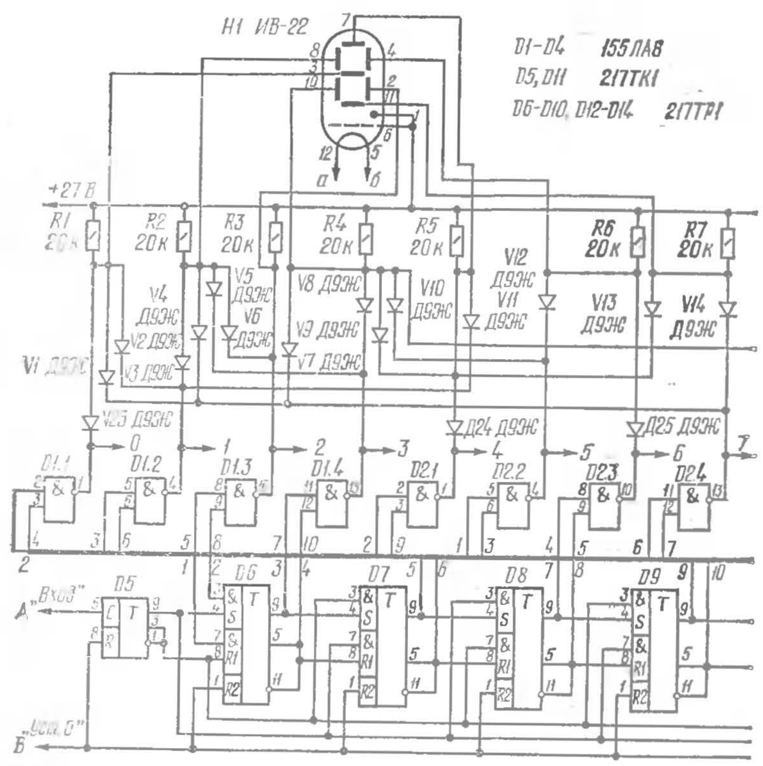


Рис. 1. Принципиальная схема электронных часов *(окончание)*

дварительной установки счетчика минут на микросхемах *D2*, *D3* собран генератор одиночных импульсов, позволяющий избавиться от влияния «дребезга». Механическое переключение контактов обычно сопровождается рядом кратковременных переходов от замкнутого состояния к разомкнутому. Дребезг может привести к формированию пачки импульсов вместо желаемого одиночного импульса или перепада напряжения.

Инверторами микросхемы *D2* образован *RS* триггер. Нулевой потенциал, прикладываемый при нажатии кнопки *S2* к одному из входов триггера, устанавливает его в одно устойчивое состояние, а при отпускании — в другое. В момент отпускания кнопки *S2* на входе счетчика минут появляется отрицательный перепад напряжения, изменяющий его состояние на единицу. Однако так будет только тогда, когда на входе *8* элемента *D3.2* присут-

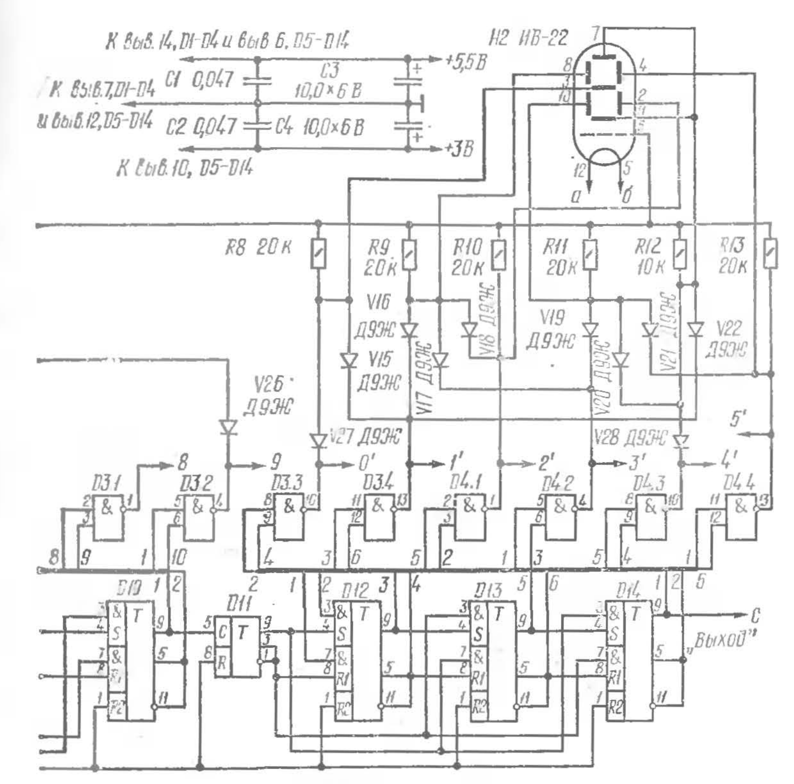
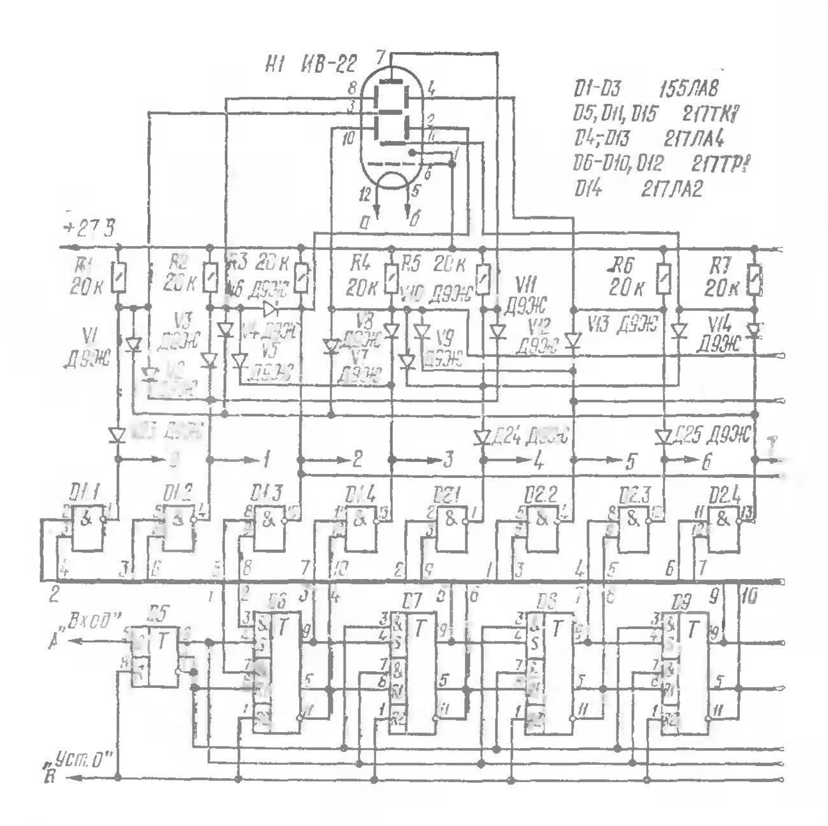


Рис. 2. Принципиальная схема счетчика секунд или минут

ствует уровень логической единицы, а на выходе секундного счетчика соответственно уровень нуля.

Для того чтобы можно было установить счетчик минут при любом выходном напряжении секундного счетчика, не вводя дополнительной коммутации, использованы вход *4* элемента *D3.1* и интегрирующая цепочка *R6C8*. Когда на выходе секундного счетчика присутствует высокий логический уровень, введение цепочки *R6C8* позволяет в момент отпускания кнопки *S2* задерживать уровень логического нуля на входе *4* элемента *D3.1* и получать одновременно на обоих входах элемента *D3.2* уровень логической единицы. При этом на выходе элемента *D3.2* формируется отрицательный импульс, изменяющий состояние счетчика минут.



Принципиальная схема счетчика минут *У1.2* аналогична схеме счетчика секунд *У1.1* (см. рис. 2). Отличие заключается лишь в том, что в минутном счетчике выходы микросхем *D1...D4* соединены с переключателями *S7...S8* предварительного набора времени будильника. В счетчике секунд эти связи не используются.

На выходе счетчика минут формируются импульсы с периодом следования 1 ч, которые через аналогичный рассмотренному выше (см. рис. 1) генератор одиночных импульсов (*D9, D10*) поступают на вход часового счетчика *У2*, состоящего также из счетчиков единиц (микросхемы *D5...D10*) и десятков часов (микросхемы *D11... D12*) (рис. 3).

Счетчики, состояния которых индицируются на семисегментных индикаторах, можно собрать по любой схеме, однако наиболее удобны такие, которые для деши-

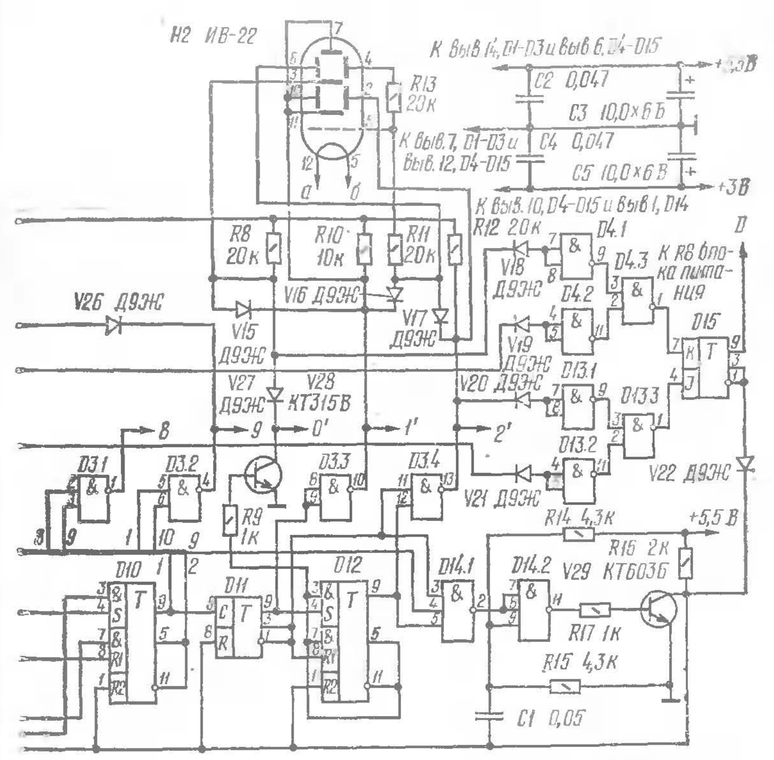


Рис. 3. Принципиальная схема счетчика единиц и десятков часов

фрации требуют логические элементы с наименьшим числом входов и позволяют обойтись без ключевых транзисторов, а также пока еще дефицитных микросхем ИЕ, ИД. В настоящее время среди радиолюбителей распространены микросхемы 155 и 217 серий. На них собрано немало конструкций и отдельных узлов, описанных в журналах «Радио», в сборниках «В помощь радиолюбителю» и др. Многие радиолюбители пытаются решить вопрос реализации различных цифровых устройств на *RS* триггерах, не имеющих счетного входа, так как зачастую из-за ограниченного их применения они бывают наиболее доступны в радиолюбительской практике.

Счетчики предлагаемых электронных часов разрабатывались с учетом всех этих соображений. Все они отличаются лишь емкостью и количеством логических эле-

ментов в дешифраторах, поэтому достаточно рассмотреть работу одного из них — счетчика единиц секунд или единиц минут (см. рис. 2). Особенностью счетчика является построение его на триггерах с раздельной установкой состояния «0» и «1» (микросхемы *D6...D10*) с использованием только одного триггера со счетным входом (*D5*). Триггер со счетным входом не участвует в делении частоты входных импульсов и нужен только как вспомогательное звено для управления установкой того или иного устойчивого состояния *RS* триггеров (микросхемы *D6...D10*), объединенных в кольцевой сдвигающий регистр. *RS* триггеры переключаются в единичное со-

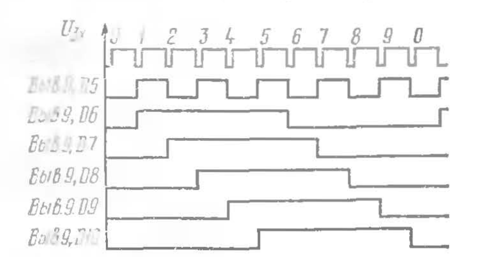


Рис. 4. Временные диаграммы, иллюстрирующие работу пятиразрядного регистра

стояние только при поступлении на все входы *S* уровня логической единицы и наличии хотя бы на одном входе *R* логического нуля (за исключением специального входа *R*, используемого для сброса триггера в ноль). И наоборот, при поступлении единичного уровня на все входы *R* и наличии хотя бы на одном входе *S* логического нуля триггер устанавливается в нулевое состояние. Если же и на одном из входов *S* и на одном из входов *R* сохраняется уровень логического нуля при изменении потенциалов на других входах, связанных с первыми по И, состояние триггера не изменяется.

При построении связей между входами и выходами триггеров, как показано на рис. 2, условия для установки каждого *RS* триггера в нужное состояние создаются соответственно предыдущим и входным (*D5*) триггерами, а для установки первого *RS* триггера (*D6*) — триггерами *D5* и *D10*.

Как видно из рис. 4, на котором приведены временные диаграммы, иллюстрирующие работу пятиразрядного регистра, триггер *D5* переключается спадом каждого положительного импульса, поступающего на его счетный вход, и управляет установкой всех *RS* триггеров сначала

в единичное состояние, а затем в нулевое. Первыми пятью входными импульсами триггеры *D6...D10* поочередно устанавливаются в единицу, а пять последующих импульсов вновь возвращают их в нулевое состояние. В момент переключения в нулевое состояние последнего триггера регистра на его выходе формируется импульс переноса единицы в старший разряд.

Сигналы с выходов регистра преобразуются дешифратором на логических элементах с открытым коллекторным выходом (*D1, D2, D3.1, D3.2*). С выходов дешифратора снимаются сигналы для управления будильником и сегментного цифрового индикатора. Формирование цифр осуществляется гашением неиспользуемых сегментов. Цифра на каждом выходе дешифратора соответствует состоянию регистра, при котором на данном выходе формируется уровень логического нуля. Соединенные с этим выходом диоды преобразователя десятичного кода в код семисегментных индикаторов (диоды *V1...V14*, *V23...V26*, резисторы *R1...R7*) через открытый выходной транзистор инвертора шунтируют неиспользуемые аноды-сегменты индикатора, уменьшая анодное напряжение на этих сегментах примерно до 1 В. В результате они гаснут и формируется соответствующая данному состоянию регистра цифра. Диоды *V23...V28* из схемы счетчика секунд можно исключить. Они необходимы только в счетчике минут для предотвращения взаимного влияния выходов дешифратора на время подачи звукового сигнала будильника.

Счетчик десятков часов (см. рис. 3) построен на двух триггерах (микросхемы *D11*, *D12*). Первый из них — универсальный *JK* триггер, второй — триггер с раздельной установкой состояний 0 и 1. Когда оба триггера находятся в нулевом состоянии, высокий уровень с инверсного выхода *RS* триггера (*D12*) поступает на базу ключевого транзистора *V28* и отпирает его. На коллекторе транзистора *V28* напряжение уменьшается до уровня логического нуля, и на индикаторе *H2* высвечивается цифра 0. Транзистор *V28* применен для того, чтобы не устанавливать дополнительную микросхему, в которой будет использован только один инвертор. С приходом на вход триггера *D11* первого импульса со счетчика единиц часов оба триггера устанавливаются в единицу. Низкий уровень появляется на выходе элемента *D3.3*, и формируется цифра 1. С приходом второго входного

импульса триггер *D11* возвращается в нулевое состояние, а триггер *D12* остается в единице, так как на его входы *3* и *7* с инверсного выхода подан потенциал логического нуля. В этом состоянии счетчика с инверсного выхода триггера *D11* и прямого выхода триггера *D12* на входы инвертора *D3.4* поступают единичные уровни напряжения. На выходе инвертора *D3.4* появляется потенциал логического нуля, а на индикаторе *H2* формируется цифра 2.

На микросхеме *D14* и транзисторе *V29* выполнен формирователь импульса сброса часового счетчика в полночь. После прихода на вход часового счетчика двадцати импульсов на входы *3* и *5* элемента *D14.1* поступают уровни логической единицы и подготавливается к работе устройство сброса. Когда же после двадцать четвертого импульса уровень единицы появляется на прямом выходе триггера *D9* счетчика единиц часов, на выходе элемента *D14.1* возникает уровень нуля. В результате включается ждущий мультивибратор на элементе *D14.2* и транзисторе *V29*. На коллекторе транзистора *V29* формируется отрицательный импульс, который устанавливает счетчик часов в нулевое состояние.

На микросхемах *D4*, *D13*, *D15* (см. рис. 3) выполнено устройство автоматического уменьшения яркости свечения цифровых индикаторов в ночное время. В 22 часа с выходов элементов *D1.3* и *D3.4* на выходы инверторов *D13.1*, *D13.2* будут поданы сигналы логического нуля. На выходе элемента *D13.3* появится отрицательный перепад напряжения, который установит триггер *D15* в единицу. С вывода *9* триггера *D15* высокий уровень поступит на базу транзистора *V13* блока питания (см. рис. 1). Транзистор *V13* откроется и зашунтирует стабилитроны *V11*, *V12*. В результате выходное напряжение стабилизатора «+27 В» упадет до 9 В, и яркость свечения индикаторов уменьшится. В 05 часов аналогичным образом на выходе элемента *D4.3* (см. рис. 3) появится отрицательный перепад напряжения, который установит триггер *D15* в исходное состояние, и яркость свечения цифр увеличится. Введение устройства управления яркостью потребовалось из-за очень яркого свечения индикаторов в ночное время. Время, в течение которого индикаторы светятся с меньшей яркостью, выбрано произвольно. Его можно изменить, подключив входы

инверторов *D4.1*, *D4.2*, *D13.1*, *D13.2* к соответствующим выходам дешифраторов.

Чтобы увеличить срок службы цифровых индикаторов, можно выключать индикацию времени. Для этой цели служит кнопка *S11* (см. рис. 1) с независимой фиксацией. При ее нажатии выключаются анодное напряжение +27 В и напряжение накала индикаторных ламп.

После включения электронных часов в электросеть триггеры счетчиков могут установиться в любое произвольное состояние. Для сброса счетчиков в ноль служит кнопка *S5*, при нажатии которой шины «Уст. 0» счетчиков секунд, минут и часов соединяются с общей шиной, имеющей нулевой потенциал. Одновременно входы *R* микросхем *D1...D8* делителя частоты отсоединяются от общей шины, что равносильно подаче на них единичного уровня, и делитель частоты также устанавливается в нулевое состояние.

С помощью кнопки *S4* производится ручная коррекция хода часов по сигналам точного времени. Коррекцию производят следующим образом.

Перед началом шестого сигнала нажимают кнопку *S4*. При этом делитель частоты, счетчики секунд и минут устанавливаются в нулевое состояние и будут находиться в нем, пока будет нажата кнопка *S4*. Если перед нажатием кнопки *S4* на выходе счетчика минут был уровень логической единицы (часы отставали), то в момент ее нажатия на часовой счетчик поступит отрицательный перепад напряжения, изменяющий его состояние на единицу. Если же на выходе счетчика минут находился уровень логического нуля (часы спешили), то никакого импульса на его выходе не формируется и часовой счетчик остается в прежнем состоянии. С началом шестого сигнала кнопку *S4* отпускают, и с этого момента часы продолжат отсчет времени.

В состав электронных часов входит еще узел будильника (см. рис. 1), включающий в себя переключатели предварительного набора времени *S7...S10*, инверторы *D12*, *D13*, схему совпадения *D14*, ждущий мультивибратор *D11*, генератор тонального сигнала *D15* и двухкаскадный УНЧ (транзисторы *V24...V26*). При достижении на часах времени, набранного переключателями *S7...S10*, на все входы инвертора *D14* поступят единичные уровни, и на его выходе напряжение упадет до нуля. Транзистор *V22* запрется, перестанет шунтировать стабилитрон *V23*,

и на усилитель НЧ с эмиттера транзистора *V21* будет подано напряжение питания +9 В. Одновременно с выхода элемента *D15.1* уровень логической единицы поступит на вход *8* элемента *D15.2*, и начнет работать мультивибратор (инверторы *D15.2*, *D15.3*), вырабатывающий импульсы частотой около 1 кГц. Они кратковременно прерываются импульсами ждущего мультивибратора (инверторы *D11.1*, *D11.2*), поступающими на вход *5* элемента *D15.3* с частотой 1 Гц. Запуск ждущего мультивибратора осуществляется спадом секундных импульсов с делителя частоты через дифференцирующую цепочку *C11R17*. Мультивибратор необходим для расширения длительности импульсов, поступающих с выхода делителя частоты. Длительность этих импульсов около 5 мкс и недостаточна для непосредственной модуляции колебаний основного мультивибратора. С выхода *11* элемента *D15.3* колебания генератора поступают на вход УНЧ и преобразуются громкоговорителем *B1* в тональный звуковой сигнал, прерываемый с частотой 1 Гц. Потенциометром *R22* регулируется громкость звукового сигнала. По истечении 1 минуты изменится состояние счетчика минут. В результате на выходе элемента *D14* появится уровень логической единицы, транзистор *V22* откроется и напряжение на выходе параметрического стабилизатора (транзистор *V21* и стабилитрон *V23*), питающего усилитель УНЧ, уменьшится до 0. Одновременно на вход *4* элемента *D11.1* и вход *8* элемента *D15.2* поступит уровень логического нуля, срывающий колебания мультивибраторов. Выключение напряжения питания УНЧ необходимо для устранения шумов, воспроизводимых громкоговорителем. При необходимости подачи звукового сигнала будильник включается с помощью кнопочного выключателя *S3*. Диоды *V17...V20* служат для защиты входов микросхем *D12*, *D13* от попадания на них напряжения +27 В со счетчиков минут и часов.

Необходимые для работы часов питающие напряжения формируются в блоке питания (см. рис. 1). На операционном усилителе *A1* и транзисторах *V7*, *V8* выполнен основной стабилизатор для питания микросхем. Стабилизатор на транзисторе *V14* и стабилитроне *V15* предназначен для питания только микросхем 217 серии, требующих два источника постоянного напряжения. Напряжение питания операционного усилителя, обеспечивающее его нормальную работу, создается двумя выпря-

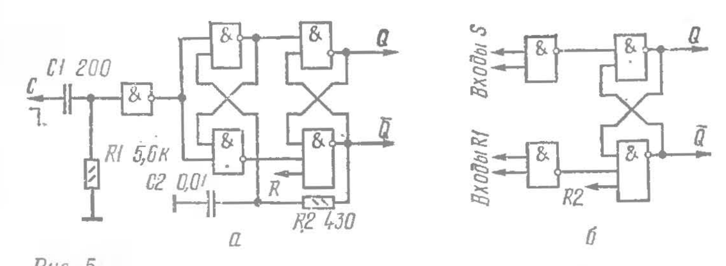


Рис. 5.

а — аналог счетного триггера на элементах И-НЕ; *б* — аналог *RS* триггера на элементах И-НЕ

мителями — основным (диодная матрица *V2*, конденсатор *C5*) и дополнительным (диод *V1*, конденсатор *C4*). Этим же напряжением питается усилитель НЧ узла звуковой сигнализации. Конденсаторы *C7*, *C9* устраняют самовозбуждение операционного усилителя. Стабилизатор, выполненный на транзисторе *V9* и стабилитронах *V10 — V12*, служит для питания анодов цифровых ламп. Если отказаться от автоматического уменьшения яркости свечения цифр в ночное время, указанный стабилизатор из схемы часов можно исключить. В этом случае напряжение для питания анодов цифровых индикаторов берут непосредственно с выхода диодного моста *V3...V6*. Напряжение накала (1 В) подается с обмотки *V* сетевого трансформатора.

Трансформатор *T1* выполнен на сердечнике ШЛ16×25. Обмотка *I* содержит 2420 витков провода ПЭВ-2 0,17, обмотки *II* и *IV* соответственно 60 и 306 витков провода ПЭВ-1 0,23, обмотки *III* и *V* соответственно 86 и 12 витков провода ПЭВ-1 0,8

В блоке питания вместо транзисторов П701 можно применить транзисторы серий КТ801, КТ807, КТ904 (*V9*, *V14*), П702 (*V8*) или любые другие мощные транзисторы, например серий КТ802, КТ902. Транзистор *V8* устанавливают на радиатор площадью около 30 см². Его закрепляют на задней стенке часов, изолируя от корпуса с помощью слюдяной прокладки и изоляционных втулок. Транзистор *V9* также устанавливается на радиатор площадью 5 см². В качестве радиаторов можно использовать дюралюминиевые пластины П-образной формы.

Счетчики электронных часов можно собрать на микросхемах других серий, например 133 и 155, представ-

ляющих собой *JK* или *D* триггеры. Возможно построение счетчиков на двух- и трехвходовых элементах И-НЕ, входящих в состав 217, 133, 155 и других серий микросхем. Аналоги примененных в часах триггеров со счетным входом и триггеров с раздельной установкой состояний «0» и «1», выполненные на элементах И-НЕ, показаны на рис. 5 *а*, *б*. Примеры счетчиков, выполненных на *JK* триггерах (микросхемы 2ТК171, 155ТВ1, 133ТВ1) и на *D* триггерах (микросхемы 133ТМ2, 155ТМ2), показаны на рис. 6 *а*, *б*.

В качестве цифровых индикаторов в электронных часах можно применить индикаторы ИВ-6 без каких-либо

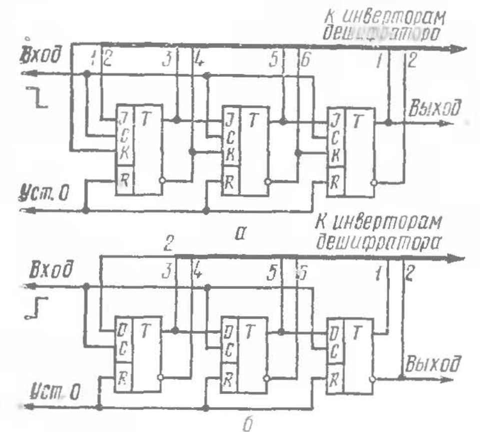


Рис. 6:
а — схема трехразрядного регистра на *JK* триггерах; *б* — схема трехразрядного регистра на *D* триггерах

изменений в блоке питания, а также ИВ-3А, ИВ-8, уменьшив напряжение накала до 0,8 В и заменив стабилитроны *V10...V12* на Д814А.

Электронные часы выполнены на печатных платах. При установке микросхем на печатную плату следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в сборнике «В помощь радиолюбителю», вып. 70, 1980, с. 32 и журнале «Радио», 1978, № 9, с. 63.

Налаживание электронных часов начинают с проверки правильности монтажа. Затем включают питание и проверяют выходные напряжения стабилизаторов в блоке питания. Подстроечным резистором *R11* (см. рис. 1) устанавливают напряжение на эмиттере транзистора *V8* равным 5,5 В. При установке исправных элементов все остальные узлы электронных часов должны начать

функционировать сразу и в налаживании не нуждаются.

При проверке делителя частоты следует иметь в виду, что длительность его выходных импульсов очень мала и поэтому наблюдать их непосредственно можно только с помощью специального осциллографа (например, С1-70). Об исправности делителя частоты судят по работе первого триггера счетчика единиц секунд. Если в каждую секунду времени триггер переходит из одного устойчивого состояния в другое, то делитель частоты функционирует правильно.

БУДИЛЬНИК С СЕНСОРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В. Гантман

Отличительной особенностью описываемых электронных часов является то, что на цифровое табло может быть выведено не только значение текущего времени, но и время, когда должен срабатывать звуковой сигнал будильника. Показания часов могут корректироваться вручную, причем коррекции подвергается та информация, которая выведена на табло. При совпадении значения текущего времени с установленным временем срабатывания будильника в течение минуты выдается звуковой сигнал. В начале каждого часа с интервалом в 1 с подаются звуковые сигналы, число которых соответствует номеру начавшегося часа.

Табло часов четырехразрядное.

Часы питаются от сети 220 В, 50 Гц, потребляя около 6 Вт. Элементная база — ТТЛ микросхемы.

Габариты корпуса устройства 155×70×102 мм.

Структурная схема часов показана на рис. 1.

Часы состоят из кварцевого генератора *G1*; предварительного делителя частоты *D1*, выдающего набор частот для работы других узлов; регистра текущего времени, состоящего из счетчика минут (*CT10*), счетчика десятков минут (*CT6*), счетчика часов (*CT10*), счетчика десятков часов (*CT3*); регистра времени срабатывания сигнала будильника, состоящего из счетчиков минут (*CT10*), десятков минут (*CT6*), часов (*CT10*) и десятков часов (*CT3*); дешифратора *D6*; индикаторного табло *H1...H4* и усилителей-коммутаторов анодного питания

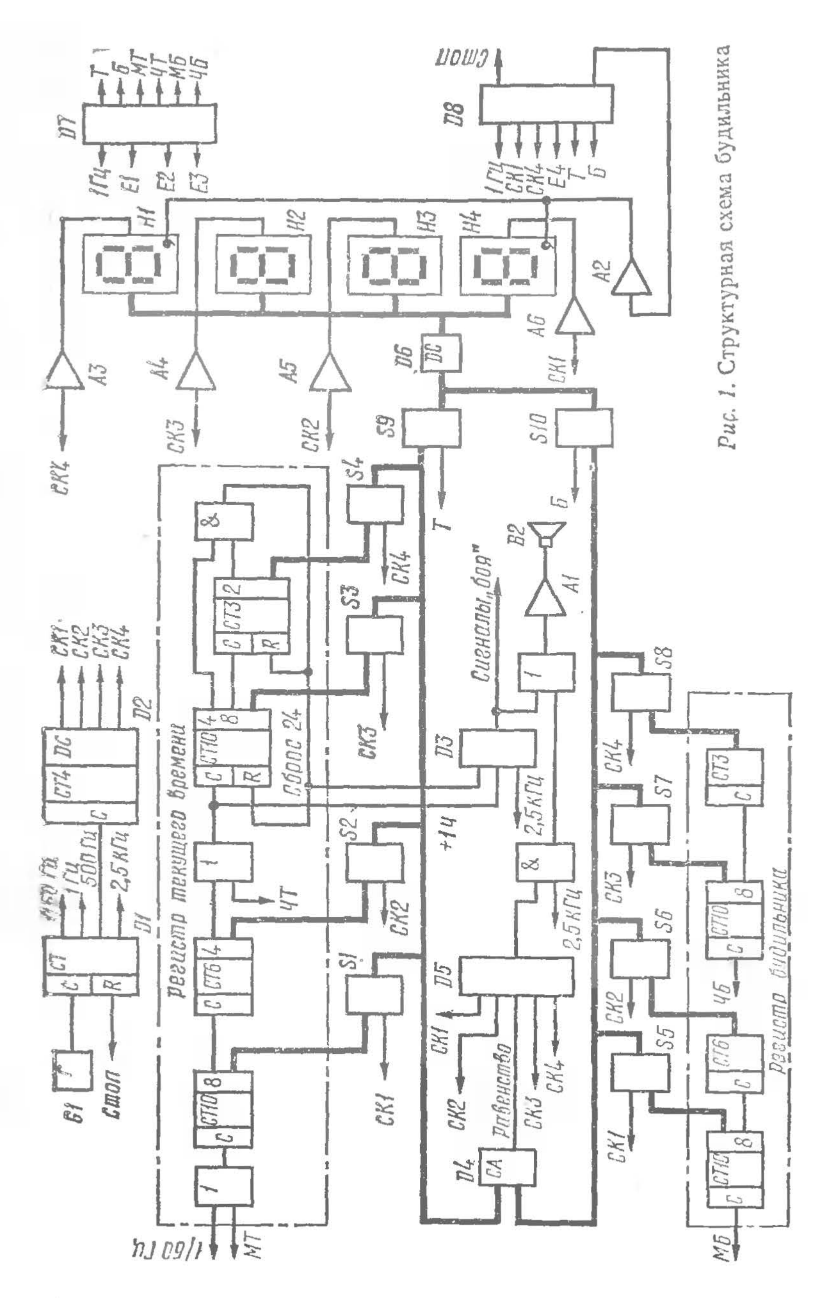


Рис. 1. Структурная схема будильника

ламп табло *А3...А6*; распределителя импульсов сканирования *D2*; узла определения равнозначности двоичных четырехразрядных чисел *D4*; узла фиксации равенства четырехразрядных двоично-десятичных чисел *D5*; коммутационных элементов *S1...S10*; узла управления коррекцией регистров *D7*; узла управления сигнализацией режимов *D8*. Кроме того, на рис. 1 изображены некоторые схемы И и ИЛИ, усилитель *А2* для управления запятыми табло, индицирующими режим работы, и усилитель импульсов звуковой частоты *А1*, а также узел формирования сигналов часового «боя» *D3*. Информационные шины показаны утолщенными линиями.

Назначение и построение кварцевого генератора, делителей и счетчиков регистров достаточно подробно описаны в популярной литературе и поэтому они рассматриваются очень кратко.

Информация со счетчиков через коммутаторные элементы *S1...S4* и *S5...S8* подключается импульсами сканирования к шинам регистра текущего времени и регистра будильника. Очередность подключения выходов счетчиков к шинам определяется распределителем импульсов сканирования. Через коммутаторные элементы *S9* и *S10* информация с шин подается на вход дешифратора индикации. Таким образом, на выходе дешифратора получаются динамические информационные сигналы, которые и подаются на индикаторные лампы. Чтобы информация соответствующего счетчика высвечивалась только определенной лампой табло, лампы управляются по анодам с помощью анодных усилителей-коммутаторов теми же импульсами, которые сканируют коммутаторные элементы счетчиков-делителей. Такая схема динамической индикации позволяет иметь наименьшую длину связей от счетчиков, что очень важно для обеспечения высокой их помехоустойчивости, и применять в качестве коммутаторных элементов простейшие микросхемы с открытым коллектором, позволяющие, в свою очередь, организовать информационные шины в виде «монтажного ИЛИ», т. е. простым объединением соответствующих выходов микросхем. Ручная коррекция содержимого регистров осуществляется подачей на их счетные входы импульсов с частотой 1 Гц через узел управления *D7*. Импульсы коррекции на входы счетчиков регистров подключаются по сигналам «Т» и «Б», вырабатываемым сенсорным переключателем (вывод *Е3*).

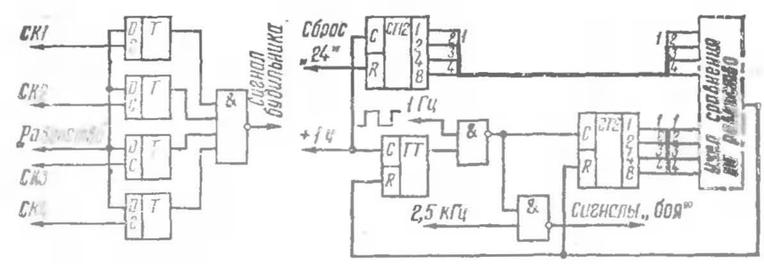


Рис. 2. Схема узла фиксации равенства четырехразрядных двоично-десятичных чисел

Рис. 3. Схема узла выработки сигналов «боя»

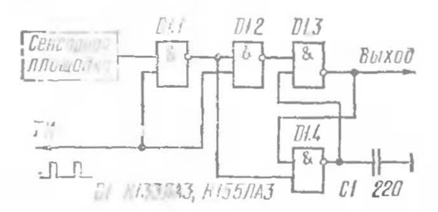


Рис. 4. Схема сенсорного переключающего элемента

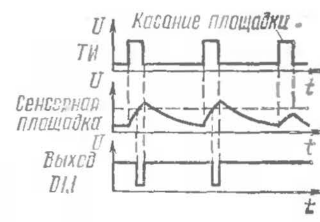


Рис. 5. Временная диаграмма работы сенсорного элемента

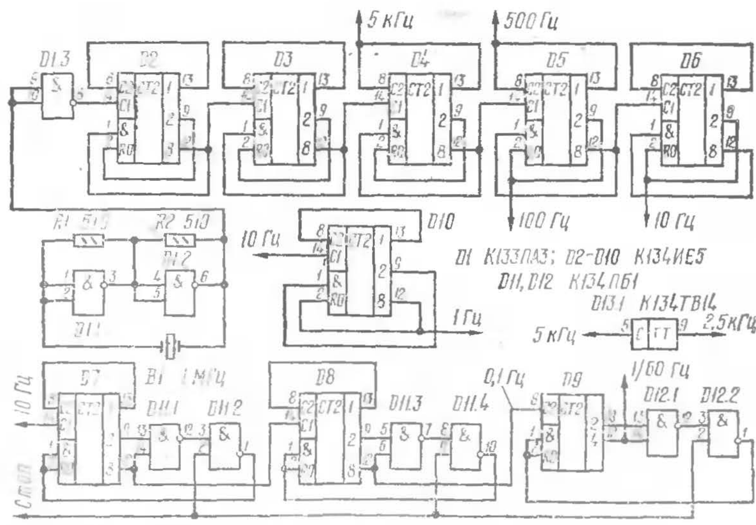


Рис. 6. Схема генератора и делителя частоты

Переключением сенсорных переключателей (выводы *E1* и *E2*) разрешается прохождение этих импульсов на входы счетчика часов и счетчика минут по цепям: часы текущего времени (ЧТ), часы будильника (ЧБ), минуты текущего времени (МТ) и минуты будильника (МБ).

Сигнализация режимов работы осуществляется запятыми крайних (левой и правой) индикаторных ламп табло. Узел управления сигнализацией режимов *D8* обеспечивает гашение запятой левой лампы (лампы десятков часов), когда на табло выводится информация регистра текущего времени, и, наоборот, гашение запятой правой лампы (лампы единиц минут), когда на табло выводится информация регистра будильника. Кроме того, когда часы «идут», то выбранная запятая подсвечивается с частотой 1 Гц. Поскольку использованы две запятые из четырех, то в узел *D8* поданы два сканирующих сигнала — 1-й и 4-й.

Четырехразрядная схема определения равнозначности двоичных чисел *D4* сравнивает двоичные числа с выходов соответствующих счетчиков регистров текущего времени и будильника в каждом такте сканирования. При равенстве этих чисел вырабатывается импульсный сигнал «равенство», запоминающийся узлом фиксации *D5*. Функциональная схема этого узла показана на рис. 2. В ее состав входят четыре *D* триггера и четырехвходовая схема совпадения. На все входы *D* подан сигнал «равенство», а на входы *C* — сканирующие импульсы. При совпадении во времени этого сигнала и сканирующего импульса соответствующий триггер включается на один период сканирующих импульсов. Если в цикле работы распределителя сканирующих импульсов включились все четыре триггера, т. е. обнаружилось равенство во всех четырех двоично-десятичных разрядах минут и часов, то схема совпадения включается и разрешает прохождение импульсов звуковой частоты на вход усилителя и через него на динамическую головку. Такие циклы могут повторяться подряд лишь 1 минуту в сутки — в течение этой минуты и звучит сигнал будильника.

На рис. 3 показана функциональная схема узла формирования сигналов «боя» часов. Она состоит из счетчика по модулю 12, двоичного четырехразрядного счетчика сигналов «боя», узла сравнения на равенство состояний этих счетчиков, триггера управления циклом подачи сигналов «боя», двух схем И. Импульсы со входа счет-

чика часов регистра текущего времени (+ 1 час) поданы на вход счетчика по модулю 12. Каждый импульс «+ 1 час» включает триггер управления циклом подачи сигналов «боя». Включенный триггер открывает верхнюю (по рис. 3) схему И для прохождения импульсов частотой 1 Гц на вход двоичного счетчика, начальное состояние которого нулевое. Форма импульсов 1 Гц близка к меандру. Двоичный счетчик считает эти импульсы и по сигналу узла сравнения на равенство возвращается в исходное состояние. Этим же сигналом узла сравнения возвращается в исходное состояние и триггер управления циклом. Таким образом, в цикле «боя» на вход двоичного счетчика проходит число секундных импульсов, равное численному состоянию счетчика по модулю 12. При этом секундные импульсы со входа двоичного счетчика смешиваются с импульсами звуковой частоты нижним по схеме элементом И. Для начальной установки счетчика по модулю 12 использован сигнал цепи сброса счетчиков часов, вырабатываемый в 00 ч 00 мин («сброс 24»).

В предлагаемом устройстве элементы ручного управления реализованы на сенсорных переключателях. На рис. 4 показан принцип построения сенсорного элемента из тактируемого *D* триггера ТТЛ. Если на один вход элемента *D1.1* поданы узкие тактовые положительные импульсы, а второй вход не подключен к цепи питания постоянным током («плавающий вход»), паразитная емкость второго входа (около 3 пФ) заряжается во время импульса током около 1 мА. После заряда на нем также оказывается высокий уровень напряжения. Если же «плавающего» входа касается оператор, то он вносит в цепь зарядки свою емкость (около 30 пФ), и время зарядки увеличивается. Теперь не хватает времени, чтобы напряжение на этом входе достигло уровня срабатывания (если длительность тактового импульса не слишком велика — 50...100 нс), так что на выходе уровень остается высоким. Описанные процессы иллюстрирует диаграмма рис. 5 (уровень срабатывания показан пунктиром). Таким образом, можно сказать, что принцип действия сенсорного переключателя на элементе ТТЛ основан на уменьшении его быстродействия от воздействия емкости тела оператора. Не все серии ТТЛ можно использовать в качестве таких переключателей, а только с быстродействием, не меньшим, чем у серий

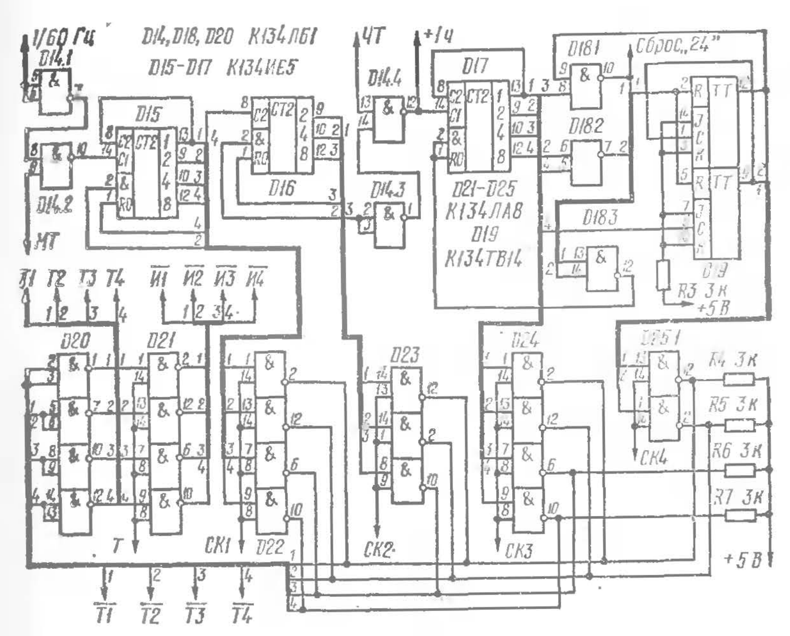


Рис. 7. Схема регистра текущего времени

155, 133. Необходимо добавить, что в исходном состоянии, до касания оператором сенсорной площадки, отрицательный импульс с выхода элемента *D1.1* не может полностью запретить прохождение сигнала через элемент *D1.2*, так как выходной импульс элемента *D1.1* укорачивается (спереди) на время зарядки паразитной емкости. Соответственно на выходе *D1.2* выделяются очень узкие импульсы помех. Чтобы устройство было работоспособным, необходимо быстродействие выходного *RS* триггера (*D1.3* и *D1.4*) уменьшить так, чтобы он не переключался от импульсов помех. Достигается это с помощью емкости *C*. Сенсорные переключатели по схеме, изображенной на рис. 4, нефиксирующиеся. Чтобы они стали фиксирующимися, достаточно к выходам устройств (см. рис. 4) подключить счетные триггеры.

Принципиальная схема часов изображена на рис. 6—13. Нумерация элементов схемы сквозная. Для упрощения монтажа некоторые входы микросхем не запитаны по постоянному току. Разумеется, это сделано только в цепях, помехи в которых не могут помешать нормально

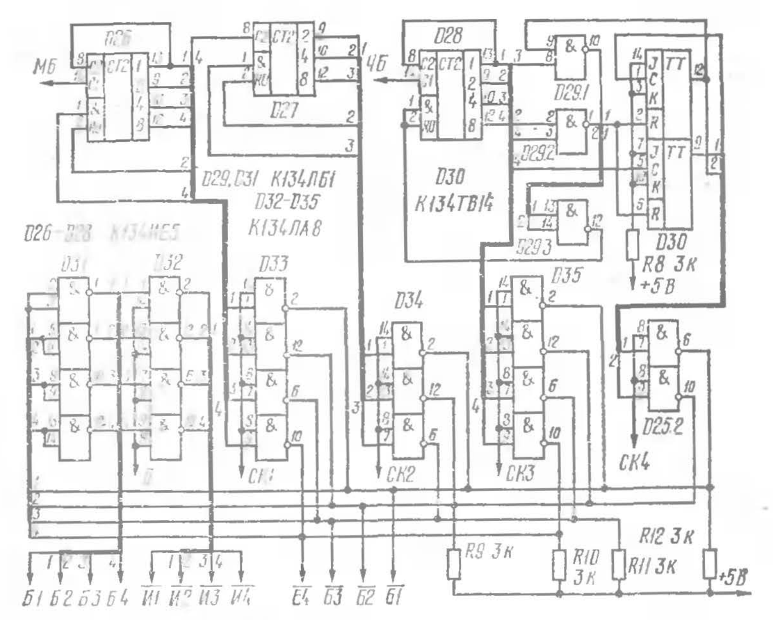


Рис. 8. Схема регистра будильника

пользоваться устройством. Это цепи управления звуковыми и световыми сигналами. Они являются динамическими, и кратковременный сбой от помехи не мешает пользователю, так как в каждом из быстро следующих друг за другом циклов правильная работа устройства после воздействия помехи восстанавливается.

На рис. 6 изображена схема генератора и предварительного делителя частоты. Генератор собран на микросхеме *D1*. На микросхемах *D2...D7* собраны шесть делителей на 10. На *D8*, *D9* — делитель на 60 для получения импульсов с периодом 1 мин. *D10* служит для получения независящих от сигнала «Стоп» импульсов частотой 1 Гц, а *D13.1* — для получения меандра звуковой частоты. Элементы *D11* и *D12.1*, *D12.2* работают в цепях сброса, обеспечивая работу двоичных счетчиков по модулям 10 и 6 и логическую сборку сигналов сброса с сигналом «Стоп».

Регистр текущего времени (рис. 7) образуют *D14... D19*. Причем *D15* — счетчик минут, *D16* — счетчик десятков минут, *D17* — счетчик часов и *D19* — счетчик десят-

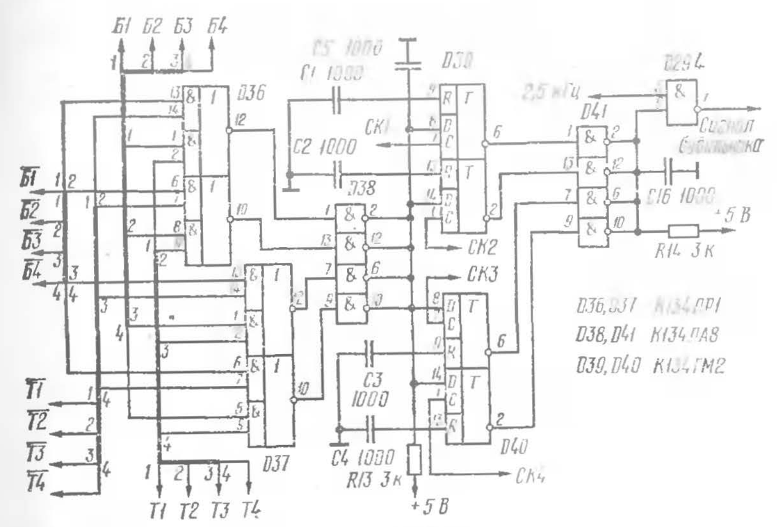


Рис. 9. Схема выделения сигнала будильника

ков часов. Элементы *D14* образуют схемы логических сборок сигналов переносов и сигналов ручной коррекции состояний счетчиков. Элементы *D18* образуют схему сброса счетчика часов для обеспечения счета по модулю 24. Микросхемы *D22...D25.1* — коммутаторные элементы *S1...S4* (см. рис. 1). Резисторы *R4...R7* — нагрузочные для схем «монтажное ИЛИ», с выходов которых снимаются инверсные сигналы шины регистра. Элементы *D20* служат для получения прямых сигналов (*T1... T4*) для схемы сравнения и коммутаторных элементов *S9* (см. рис. 1), выполненных на *D21*.

Регистр будильника (рис. 8) собран на микросхемах *D26...D30*. Содержимое *D26* — значение единиц минут, *D27* — десятков минут, *D28* — единиц часов, *D30* — десятков часов. Элементы *D29* обеспечивают очистку регистра при достижении его показаниями числа 24. Микросхемы *D33...D35*, *D25.2* — коммутаторные элементы для получения инверсных сигналов шины регистра будильника ($\overline{Б1}...\overline{Б4}$). Резисторы *R9...R12* — нагрузочные схем «монтажное ИЛИ» шины инверсных сигналов.

На рис. 9 изображена схема сравнения четырехразрядных двоичных чисел, выполненная на микросхемах *D36...D38*, и схема фиксации равенства четырехразряд-

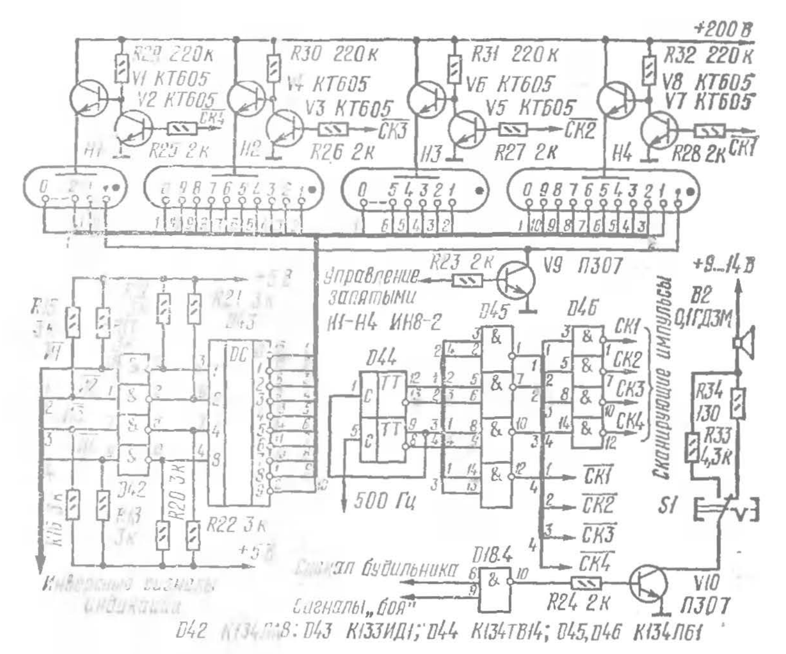


Рис. 10. Схема индикации и распределителя сканирующих импульсов

ных двоично-десятичных чисел (*D39...D41*). *D38* и *D41* использованы с объединением выходов — это схемы совпадения нулевых сигналов с микросхем *D36*, *D37* и *D39*, *D40* соответственно. Резисторы *R13* и *R14* — нагрузочные, а конденсаторы *C5* и *C6* служат для устранения путем интегрирования узких импульсов помех, возникающих вследствие конечного времени срабатывания логических элементов и неодновременного прохождения импульсов по различным цепям («гонок» импульсов). Конденсаторы *C1...C4* устраняют влияние узких импульсов помех от «гонок» сканирующих импульсов и импульсов динамической информации к узлу фиксации равенства чисел. Достигается это уменьшением быстродействия триггеров за счет снижения быстродействия их схем И, один из входов которых является входом *R*.

На рис. 10 изображены схема распределителя сканирующих импульсов (счетчик *D44*, дешифратор *D45* и инверторы *D46*); схемы усилителя (ключа) управления запятыми табло на транзисторе *V9* и ключевого усили-

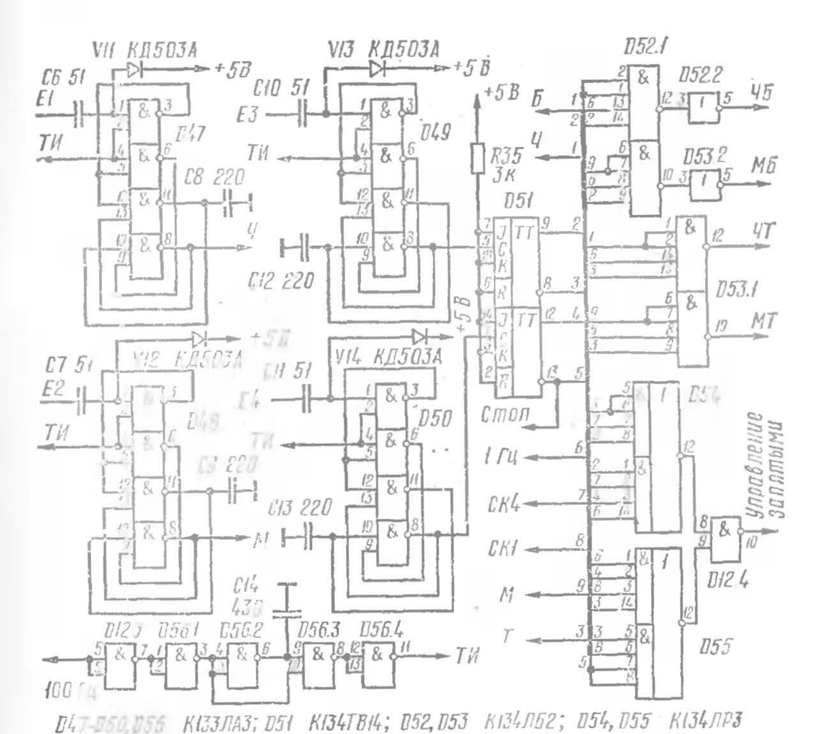


Рис. 11. Схема сенсорных переключателей и узла управления режимами

теля низкой частоты на транзисторе *V10*. Переключатель *S1* позволяет иметь два фиксированных уровня громкости звучания сигналов часов. Этот переключатель можно заменить переменным резистором для плавной регулировки громкости. Здесь же изображена схема индикации. Она содержит четыре высоковольтных ключа — анодных усилителя — на транзисторах *V1...V8*. Поскольку в каждом таком ключе входной каскад инвертирующий, то управляющими сигналами для них являются импульсы сканирования инверсной полярности. Резисторы *R15...R18* являются нагрузками схем «монтажное ИЛИ» шины сигналов индикации, *R19...R22* — нагрузочные резисторы открытых коллекторов микросхемы *D42*. Микросхема К134ЛА8 здесь применена для гарантии электрического согласования элементов 134 серии с дешифратором 133 серии.

На рис. 11 показаны четыре сенсорных переключателя (*D47...D51*), схема управления сигнализацией режима работы часов (*D54*, *D55* и *D12.4*), схема управления ручной коррекцией информации счетчиков (*D52*, *D53*) и схема формирователя узких тактовых импульсов для сенсорных переключателей (*D56*). Частота тактовых импульсов не должна превышать 10 кГц, так как в исходном состоянии паразитные емкости входов схем И сенсорных переключателей должны разряжаться в паузах между тактовыми импульсами наноамперными межэмиттерными токами утечки. Рекомендуемая тактовая частота около десятков Гц, так как увеличенная скважность способствует повышению помехоустойчивости. Входы микросхем, соединенные с сенсорными площадками, предохранены диодами от положительного статического электричества, которое может внести в схему оператор. От отрицательного — входы защищены внутренними диодами схем ТТЛ.

При эксплуатации сенсорных переключателей в устройствах, питающихся от сети 220 В, 50 Гц, по требованиям техники безопасности необходима защита оператора от поражения напряжением сети, могущим попасть при аварии на вход микросхемы, соединенный с сенсорной площадкой. При этом требуется, чтобы изоляция этой защиты выдерживала испытательное напряжение около 3 кВ. Для такой защиты и применены высоковольтные конденсаторы *C6*, *C7*, *C10*, *C11* емкостью 51...100 пФ, ограничивающие до безопасного минимума ток через оператора в аварийном случае.

Прикосновением к выводу *E3* обеспечивается включение режима индикации регистра текущего времени. При этом на выходе *Т* уровень логической единицы, а на выходе *Б* — нуля. Повторным прикосновением обеспечивается включение режима индикации регистра будильника. Уровни сигналов *Т* и *Б* при этом инвертируются. Прикосновением к выводу *E4* разрешается работа счетчиков регистра текущего времени. При этом на выходе «Стоп» единичный уровень сигнала. Повторным прикосновением запрещается прохождение импульсов на вход этого регистра — на выходе «Стоп» нулевой уровень. Прикосновением и удержанием пальца на выводах *E1* или *E2* разрешается прохождение импульсов коррекции частотой 1 Гц на входы счетчиков часов или минут индицируемого регистра. Во время удержания пальца на

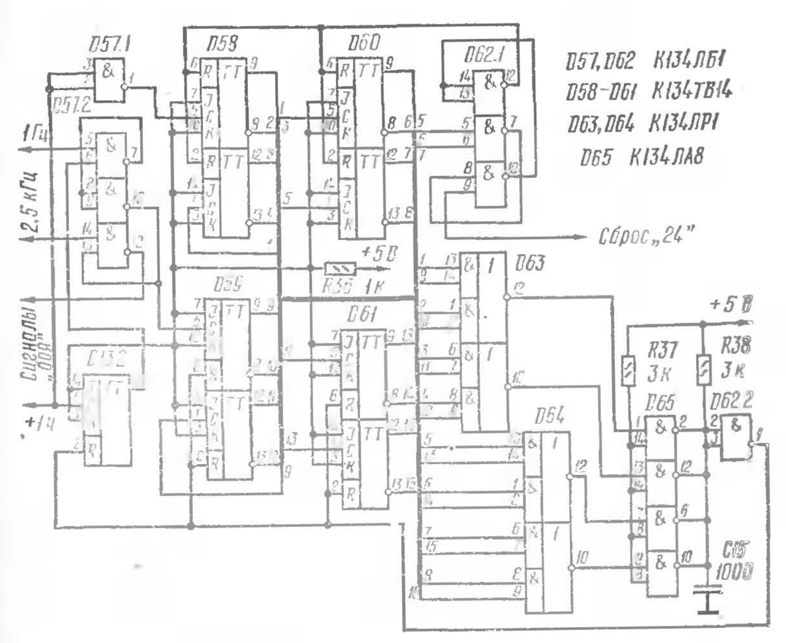


Рис. 12. Схема выработки сигналов «боя»

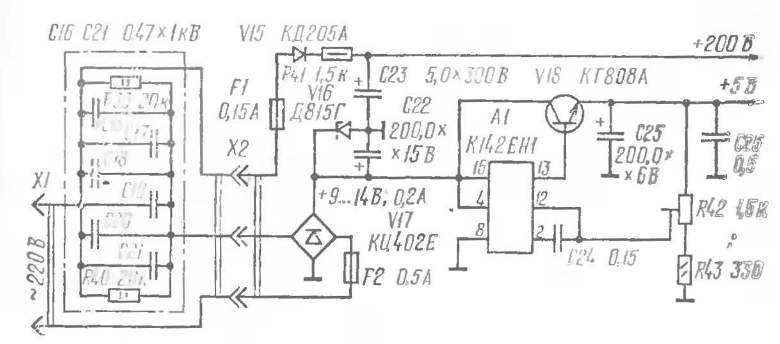


Рис. 13. Схема источника питания

E1 или *E2* на выходе «*Ч*» или «*М*» находится единичный уровень напряжения.

На рис. 12 изображена схема выделения сигналов «боя» часов. Счетчик по модулю 12 собран на микросхемах *D58*, *D60* и *D62.1*. Двоичный счетчик — на *D59* и *D61*. Триггер управления циклом «боя» — *D13.2*. Схема

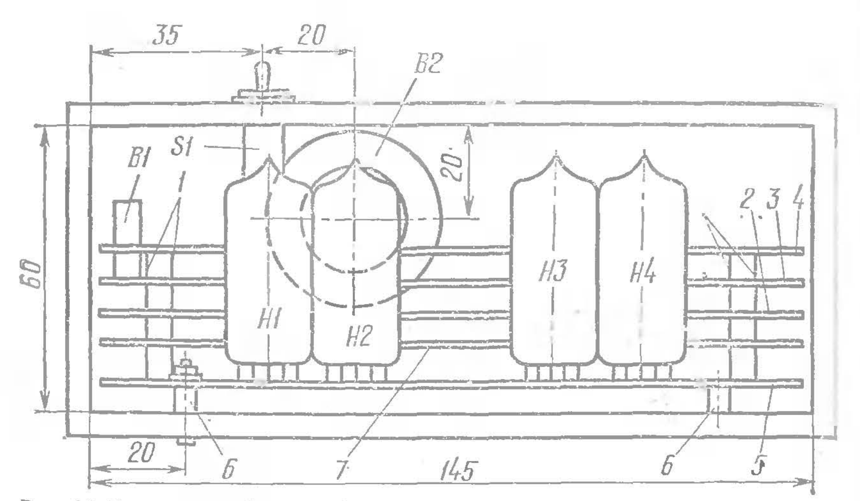


Рис. 14. Вид со снятой лицевой стенкой:

1 — проволочные стойки; 2 — плата 2; 3 — плата 3; 4 — плата источника питания; 5 — опорная плата; 6 — стойки; 7 — плата 1

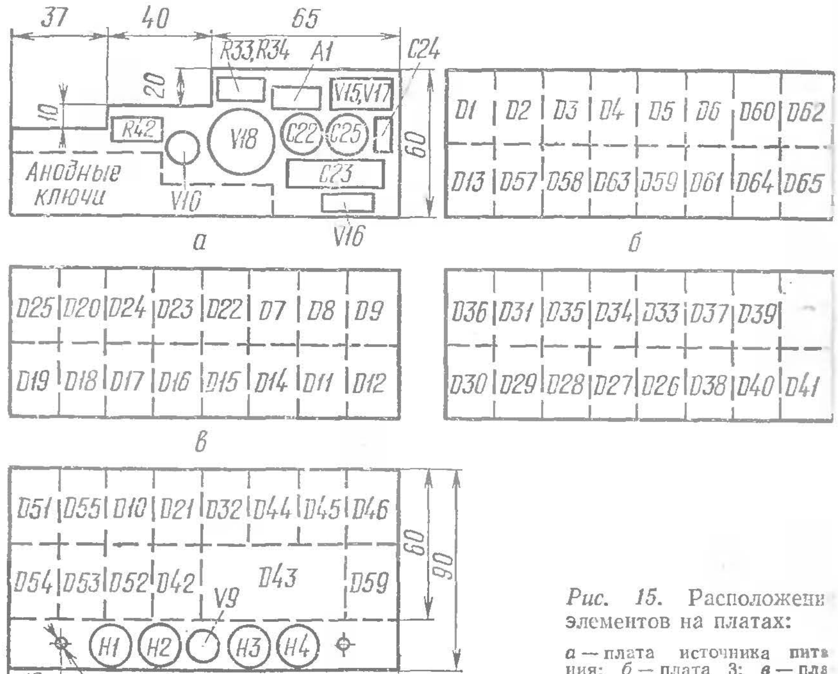


Рис. 15. Расположение элементов на платах:

а — плата источника питания; б — плата 3; в — плата 2; г — плата 1; д — опорная плата

сравнения собрана на *D63...D65*, причем на *D65* собрана схема совпадения с открытыми коллекторами. Конденсатор *C15* — интегрирующий для устранения помех от «гонок» импульсов. Через резисторы *R36* и *R37* подается высокий уровень на неиспользуемые входы микросхем.

На рис. 13 — схема бестрансформаторного источника питания с емкостным «балластом». Бестрансформаторный источник предпочтительнее трансформаторного, так как, обладая высоким выходным сопротивлением, он не боится коротких замыканий низковольтных цепей. При коротких замыканиях ток в нагрузке ограничивается относительно небольшим значением, практически не могущим привести к загоранию. Требование пожарной безопасности для круглосуточно работающего без надзора устройства является самым главным. Кроме того, сам по себе конденсатор надежнее трансформатора в отношении пожарной безопасности, особенно трансформатора самодельного.

Пунктиром на схеме рис. 13 выделены детали емкостного «балласта», находящиеся в выносной коробочке. Резисторы *R39* и *R40*, уменьшая сопротивление «балласта», обеспечивают еще и безопасность пользователя, разряжая конденсатор при вынимании вилки из сетевой розетки. Стабилитрон *V16* предохраняет схему от броска напряжения в начальный момент при включении в сеть. Схема включения стабилизатора *A1* стандартная. Увеличение мощности выходного сигнала стабилизатора производится с помощью транзистора *V18*.

Детали схемы часов (за исключением четырех микросхем сенсорных переключателей) расположены на пяти платах, собранных в «этажерку», как это показано на рис. 14. Платы имеют печатные посадочные места для микросхем. Остальной монтаж плат выполнен навесными проводниками. Платы (рис. 15) соединены между собой вертикальными стойками из одножильного провода диаметром ~1 мм, выполняющими и роль проводников питания. Стойки впаиваются в предусмотренные для них отверстия. Поскольку стоек довольно много (до 6 штук) и зазоры между платами составляют не более 7 мм, конструкция «этажерки» получается достаточно жесткой. «Этажерка» вставлена в коробку со стороны лицевой панели и закреплена двумя винтами на трубчатых стойках. Динамическая головка прикреплена к задней стенке коробки часов. Она закрыта декоративной

решеткой. Переключатель *S1* установлен на крышке коробки. Предохранители расположены непосредственно на плате источника питания без держателей. Лицевая стенка изготовлена из трехмиллиметрового зеленого оргстекла и прикреплена тонкими шурупами к торцу коробки часов. Чтобы сквозь стекло не был виден монтаж, лицевая стенка изнутри закрыта маской из черной фотобумаги с двумя окнами для индикаторов табло. Четыре сенсорных переключателя (микросхемы *D47...D50* с диодами и конденсаторами) смонтированы на лицевой стенке. Для этого изготовлены четыре одинаковые маленькие платы и прикреплены к свободным местам стенки с внутренней стороны. Сенсорные площадки представляют собой латунные цилиндры диаметром 12...14 мм высотой около 1,5 мм со сферической выемкой под палец с одной стороны. С плоской стороны к площадкам припаяны проволочные скобки (усы). Усы вставлены в отверстия лицевой стенки, концы их отогнуты с внутренней стороны стенки и к ним припаяны конденсаторы сенсорных переключателей.

Резисторы номиналом 3 кОм — внутренние, входящие в состав микросхем К134ЛА8. Поэтому их мощность не обозначена на схемах. В каждой микросхеме их 2 штуки. Одним концом они подключены к источнику +5 В, а вторыми концами к *3* и *5* выводам микросхемы. Эти выводы на схемах не обозначены, так же как и выводы питания микросхем. Резистор *R42* — любой малогабаритный подстроечный. Конденсаторы, служащие для борьбы с помехами от «гочок» импульсов, типов КМ, КЛС, КД, КСО, МБМ. Конечно, более всего подходят благодаря малым габаритам конденсаторы типа КМ. Конденсаторы *C6*, *C7* и *C10*, *C11* типа К15-5 с рабочим напряжением 3 кВ. В крайнем случае можно применить дисковые керамические конденсаторы с рабочим напряжением 500 В. Конденсаторы *C16...C21* типа К75-24 с рабочим напряжением 1000 В. Можно применить конденсаторы того же типа с рабочим напряжением 630 В. Возможна также их замена конденсаторами К75-10, рассчитанными для работы при 250 В, 50 Гц. Конденсаторы *C22* и *C25* типа К50-6, *C23* — типа К50-7. Конденсатор *C24* типа КМ, КЛС. Конденсатор *C26* состоит из пяти включенных параллельно конденсаторов номиналом 0,1 мкФ. Каждый из них установлен на одной из пяти плат. Тип этих конденсаторов КМ или КЛС. Переключатель *S1*

типа МТ1. Динамическая головка 0,1 ГД-3М и декоративная решетка — от радиоприемника «Космос». Головку можно заменить микротелефоном ТМ-2, хотя громкость звучания снизится. Хорошие результаты дает применение микротелефона от слуховых аппаратов, предназначенного для использования костной проводимости. Его габариты лишь в 2 раза превышают габариты микротелефона ТМ-2. Микросхемы серии 134 можно заменить микросхемами 133 или 155 серий, но потребление энергии возрастет при этом в несколько раз. Диоды сенсорных переключателей могут быть любыми малогабаритными высокочастотными Д9, Д220, Д223. Транзисторы П307 можно заменить на П308...П309, КТ601..., КТ605, КТ315. Транзистор КТ808А использован без радиатора. Его можно заменить на КТ803, КТ805, П701, но тогда придется использовать соответствующий радиатор. Стабилизатор источника питания может быть выполнен без применения микросхемы. Он должен обеспечивать ток в нагрузке 0,2 А при пульсациях, не превышающих 100 мВ, и колебаниях напряжения сети от 190 до 250 В. Индикаторные лампы табло должны иметь запятые и мягкие выводы, так как панельки сильно усложнят конструкцию. Правильно собранные блоки в наладке не нуждаются (кроме формирователя тактовых импульсов), но собрать их без ошибок чаще всего не удается. Поэтому после сборки каждую плату настраивают автономно.

Платы счетчиков настраивают с помощью осциллографа и частотомера. При определенном опыте можно настроить их и с помощью тестера, на глаз измеряя период качания его стрелки при измерении напряжений на выходах счетчиков секунд, минут, часов. При этом на входы счетчиков нужно поочередно подключать импульсы частотой 1 Гц от платы генератора и предварительного делителя частоты. Схему формирования сигналов «боя» тоже можно настраивать с помощью тестера, отсчитывая качания его стрелки от импульсов частотой 2 Гц, приходящих на вход двоичного счетчика. О правильной работе этого узла можно судить по возрастанию на единицу числа качаний стрелки тестера после очередного импульса «+1 час», учитывая, что 12 и 24 часа не «бьются», т. е. количество сигналов «боя» не превышает 11. Работу сенсорных формирователей проверяют, соединяя входы микросхем, к которым припаяны

высоковольтные конденсаторы, с общим проводом. Работоспособность распределителя импульсов сканирования также можно проверить тестером, подавая на вход распределителя импульсы частотой 1 Гц. Источник питания настраивают, подав на разъем *X2* напряжения от трансформаторного преобразователя напряжения сети или от источников постоянных напряжений. Потенциометром *R42* устанавливают напряжение на выходе источника +5 В.

После предварительной настройки плат часов собирают высокую «этажерку» с зазорами между платами не менее 30...40 мм и производят проверку совместной работы плат. При этом лучше пользоваться механическими переключателями вместо сенсорных. После полной проверки работы всех узлов собирают низкую «этажерку» и снова проверяют ее работоспособность. Затем подключают «балластный» преобразователь и проверяют, изменяя напряжение на его входе от 190 до 250 В, стабильность напряжения +5 В. Необходимо знать, что после подключения «балласта» запрещается пользоваться сетевыми измерительными приборами, так как их корпус может быть связан с сетью 220 В, 50 Гц и их подключение приведет к выгоранию мостового выпрямителя часов. Затем «этажерку» устанавливают в корпусе и переходят к настройке формирователя тактовых импульсов для сенсорных переключателей. При этом подбирают конденсатор *C14*, добиваясь устойчивого срабатывания переключателей от легкого прикосновения. Длина проводников от лицевой стенки до «этажерки» при этом должна быть минимальной.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ШАХМАТЫ С ЧАСАМИ

С. Лучин, А. Скопцов, Н. Козлов

В предлагаемой конструкции шахматные часы с автономным питанием смонтированы в основании доски, причем индикаторы времени и органы управления часов размещены на выступающей части основания, расположенной вдоль боковой стороны игрового поля. Внутри устройства расположен выдвижной ящик для хранения шахматных фигур. В нижней части фигур установлены

магниты, обеспечивающие устойчивое положение последних на игровом поле, изготовленном из тонкой листовой стали. Выполнение переносной доски и шахматных часов в виде единого блока позволяет обеспечивать устойчивость устройства, а также постоянное взаимное расположение игрового поля, индикаторов и органов управления часов в условиях тряски, качки или толчков, а также при стесненных размерах опорной поверхности, на которой оно размещается при игре. Благодаря этим особенностям, а также малым габаритам шахматы с часами являются удобными для пользования в движущемся транспорте, в туристических походах и т. п.

Отсчет времени каждым из партнеров производится по индивидуальным табло-индикаторам, показывающим время (часы, минуты и секунды) в цифровой форме. При включении часы автоматически устанавливаются на нуль и находятся в таком состоянии до нажатия кнопки запуска часов любым из партнеров. Запуск и остановка часов производится соответствующими кнопками, причем при запуске часов партнерами (после выполнения очередного хода) часы нажимающего кнопку останавливаются. При перерыве в игре часы могут быть остановлены кнопкой остановки, при этом на табло будет индицироваться время, затраченное на обдумывание партии каждым из партнеров. Для последующего запуска часов достаточно нажать любую из кнопок запуска.

Кроме обычного режима отсчета времени, затрачиваемого партнерами на обдумывание партии при турнирных встречах, часы обеспечивают световую индикацию, автоматическую остановку и фиксацию времени в коротких партиях при молниеносной игре после окончания регламента времени у одного из партнеров, при этом запуск часов кнопками запуска блокируется.

Для удобства описания работы шахматных часов условно назовем один из цифровых индикаторов и относящиеся к нему элементы левыми, другой индикатор и элементы, к нему относящиеся,— правыми.

На рис. 1 приведена структурная схема электронных шахматных часов. Рассмотрим работу часов по структурной схеме.

Колебания кварцевого генератора частотой 32 768 Гц, поделенные делителем до частоты 64 Гц, поступают на схему управления. Схема управления обеспечивает прохождение импульсов частотой 64 Гц на входы делителей

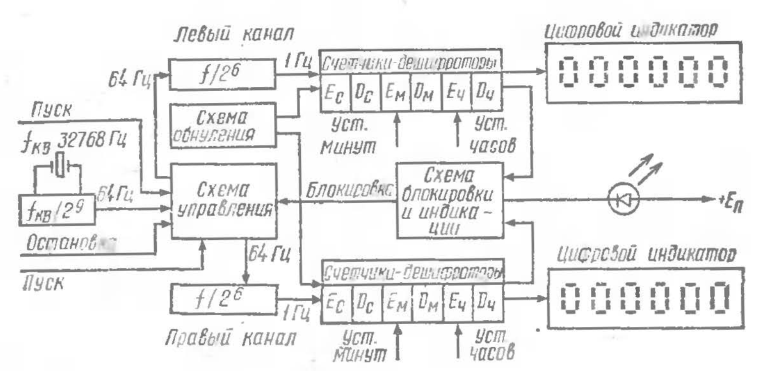


Рис. 1. Структурная схема шахматных часов

$\frac{f}{2^6}$ левого либо правого канала отсчета времени в зависимости от поступления сигналов «Пуск», а также запрещение прохождения импульсов на оба канала по сигналам «Остановка» или «Блокировка». Импульсы частотой 64 Гц, поделенные делителем соответствующего канала, поступают на счетчики-дешифраторы, которые имеют 6 разрядов: единиц секунд (ЕС), десятков секунд (ДС), единиц минут (ЕМ), десятков минут (ДМ), единиц часов (ЕЧ), десятков часов (ДЧ), и работают на шестиразрядные цифровые индикаторы.

Схема блокировки и индикации предназначена для определения момента окончания времени партии, в качестве которого выбран момент наступления 24 часов на табло любого индикатора. В момент окончания времени партии схема блокировки и индикации блокирует прохождение импульсов частот 64 Гц через схему управления и обеспечивает загорание светодиода («флажка»). Схема обнуления предназначена для установки в «нули» счетчиков-дешифраторов после включения питания часов.

Более подробно работа электронных шахматных часов рассмотрена ниже по принципиальной схеме (рис. 2). Основные узлы устройства реализованы на следующих элементах:

кварцевый генератор на частоту 32 768 Гц с делителем частоты от 32 768 Гц до 64 Гц на микросхеме (МС) *D9*;

два делителя частоты от 64 Гц до 1 Гц на МС *D9* и *D15* для левого и правого каналов соответственно;

два канала счетчиков-дешифраторов единиц секунд (ЕС), десятков секунд (ДС), единиц минут (ЕМ), десятков минут (ДМ), единиц часов (ЕЧ), десятков часов (ДЧ), собранных соответственно на МС *D1...D8* (*A1*) для левого канала и МС *D1...D8* (*A2*) для правого канала;

триггеры установки минут и часов с соответствующими кнопками, собранные на МС *D11.1*, *D11.2* и *D12.1* для левого канала и *D11.3*, *D11.4* и *D3.3A2*, *D3.4A2* для правого канала;

схема световой индикации окончания времени партии и блокировки часов, состоящая из МС *D10.2*, *D13.1*, *D14* и светодиода *V1*;

схема получения нуля часов после включения питания, состоящая из инвертора *A1-D3.4*, резистора *R9* и конденсатора *C4*;

левый и правый цифровые индикаторы *H1* и *H2*.

После включения питания часов переключателем *S8* конденсатор *C4* начинает заряжаться от источника питания через резистор *R9*. До тех пор пока напряжение на конденсаторе *C4* меньше напряжения переключения логических элементов *A1-D3.4*, *A1-D6.4* и *A2-D6.4*, на их выходах присутствует сигнал логической 1, который устанавливает в нуль счетчики ЕС, ДС, ЕМ, ДМ, ЕЧ, ДЧ, делители частоты от 64 Гц до 1 Гц и триггер *D13.1*. Для установки в нуль триггеров *D12.2* и *D13.2* после включения питания их *D* входы подключены к минусу источника питания. После того как конденсатор *C4* зарядится до напряжения переключения логических элементов *A1-D3.4*, *A1-D6.4* и *A2-D6.4*, на их выходах появится сигнал логического 0, который является разрешающим для счета. Таким образом, после включения питания счетчики ЕС, ДС, ЕМ, ДМ, ЕЧ, ДЧ устанавливаются в нулевое положение, и на индикаторах высвечиваются нули.

В дальнейшем пользование электронными шахматными часами мало отличается от пользования механическими. Пусть, к примеру, партнер слева играет белыми. В этом случае в начале игры партнер справа, играющий черными, нажимает кнопку *S4*, находящуюся над правым индикатором. При этом триггер *D12.2* устанавливается в состояние логической 1, сигнал с его выхода поступает на вход логического элемента *D10.1* и разрешает прохождение счетных импульсов частотой 64 Гц на

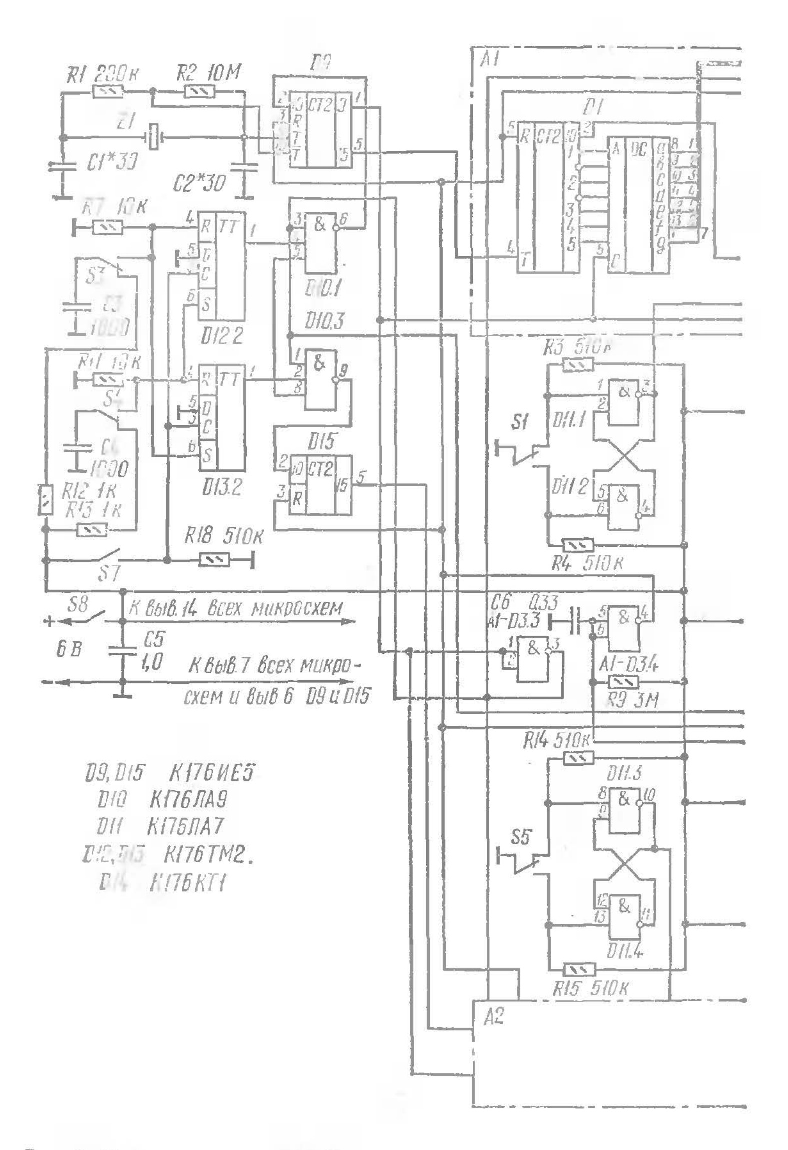


Рис. 2. Принципиальная схема

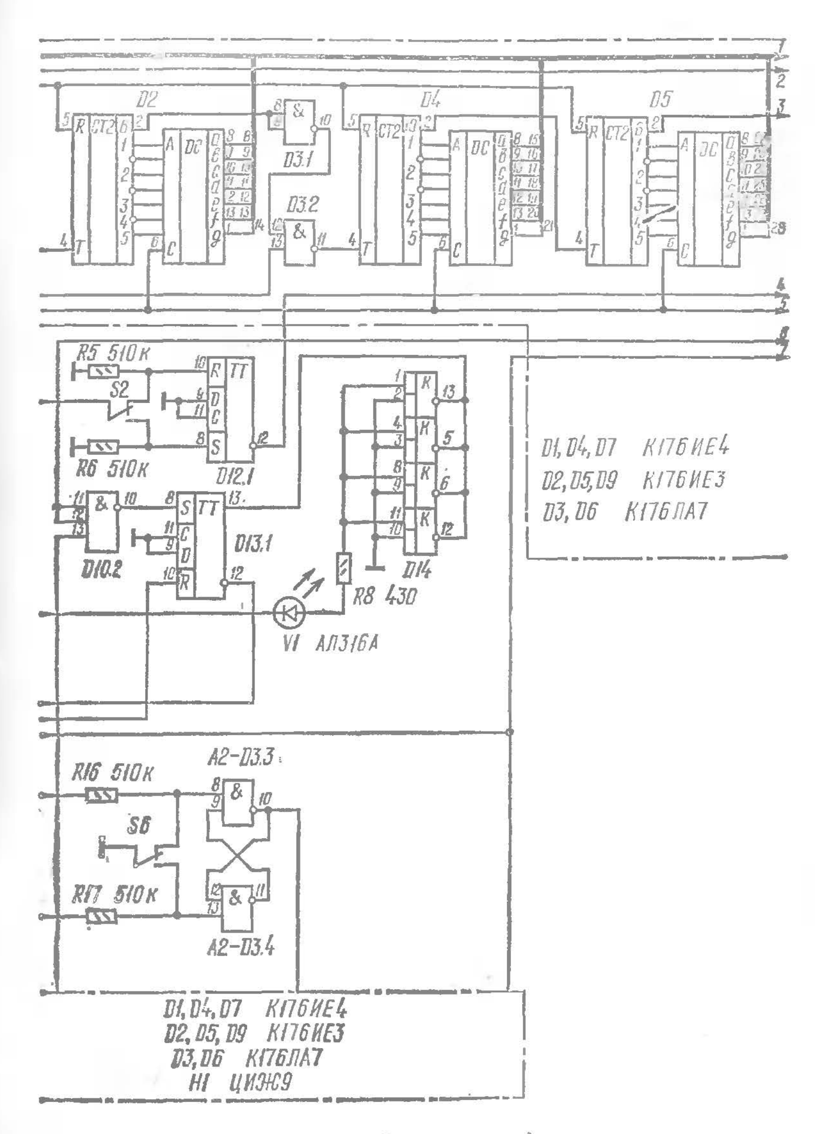


Рис. 2. Принципиальная схема (продолжение)

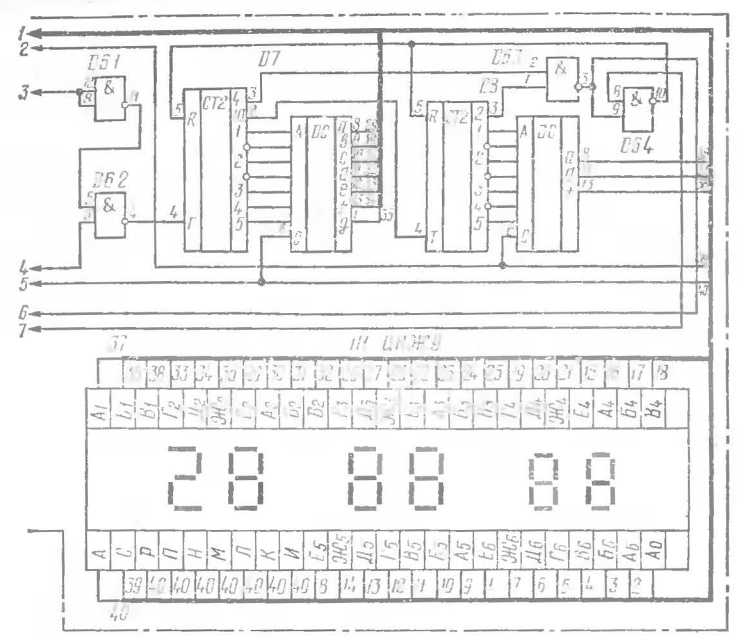


Рис. 2. Принципиальная схема *(окончание)*

вход делителя частоты с коэффициентом пересчета 64 (вывод *2* МС *D9*) левого канала. С выхода этого делителя частоты (вывод *5* МС *D9*) счетные импульсы частотой 1 Гц поступают на вход счетчика ЕС (вывод *4* на *A1-D1*) левого канала. Начинается отсчет времени, затраченного на обдумывание хода левым партнером. После того как партнер слева сделал ход, он нажимает кнопку *S3*, находящуюся над левым индикатором, при этом триггер *D12.2* устанавливается в состояние логического 0 и тем самым запрещает прохождение счетных импульсов частотой 64 Гц через логический элемент *D10.1* (т. е. часы левого партнера останавливаются), а триггер *D13.2* устанавливается в состояние логической 1 и тем самым разрешает прохождение счетных импульсов на вход счетчика ЕС правого канала. Начинается отсчет времени, затраченного на обдумывание хода партнером справа. Далее все повторяется.

Таким образом, при поочередном нажатии кнопок *S3* и *S4* шахматные часы поочередно отсчитывают время, затраченное на обдумывание хода каждым из партнеров, а на индикаторах в любой момент времени индицируется суммарное время, затраченное на игру каждым из партнеров. Если же один из партнеров не уберет руку с кнопки после ее нажатия (что особенно возможно при молниеносной игре), то это не помешает другому партнеру нажать на свою кнопку, остановив тем самым свои часы и запустив часы партнера, не снявшего руки с кнопки. Для этой цели в схему введены конденсаторы *C3* и *C4*. Когда кнопки *S3* и *S4* не нажаты, через их нормально замкнутые контакты конденсаторы *C3* и *C4* заряжаются практически до потенциала источника питания. При нажатии на любую из кнопок конденсатор, соответствующий нажатой кнопке, подключается ко входам триггеров, соединенным с нормально разомкнутым контактом данной кнопки, и триггеры переключаются, производя остановку одних и запуск других часов. Значения емкости конденсаторов таковы, что запасенной энергии достаточно для надежного срабатывания триггеров. Резисторы *R12* и *R13* служат для ограничения тока зарядки конденсаторов.

В случае необходимости четкого лимитирования времени партии, что характерно для молниеносной игры, следует после включения часов кнопками установки минут и часов (кнопка *S1* и кнопка *S2* для левого канала, кнопка *S5* и кнопка *S6* для правого канала) выставить время, обеспечивающее требуемую длительность партии. В данной конструкции своеобразным «порогом», сигнализирующим об окончании партии, является 24 часа, поэтому для того, чтобы установить часы на длительность партии $T_п$ на индикаторах, должно быть выставлено время *T*, определяемое как разность $T=24-T_п$. Например, если необходимо лимитировать длительность партии времени $T_п=1$ ч 30 мин, т на цифровых индикаторах часов должно быть выставлено время $T=24$ ч — 1 ч 30 мин = 22 ч 30 мин. Рассмотрим, к примеру, процесс установки минут левого индикатора. При отпущенной кнопке *S1* на выходе триггера, собранного на МС *D11.1* и *D11.2*, присутствует сигнал логической 1. При нажатии кнопки *S1* он сменяется сигналом логического 0. Таким образом, при каждом нажатии, а затем отпускании кнопки *S1* на счетный вход счетчика ЕМ *A1-D4* (контакт *4*) через МС *A1-D3.2* поступает перепад напряжения, вызывающий срабатывание счетчика

и изменение его показаний на единицу. Аналогично производится установка часов левого индикатора кнопкой *S2*. После установки времени партии часы подготовлены к игре. Дальнейшее пользование часами происходит так же, как описано выше. При окончании времени партии (в момент наступления 24 часов на табло любого индикатора) на выходе логического элемента *A1-D6.3* или *A2-D6.3* появляется потенциал логического 0, который через логический элемент *D10.2* устанавливает триггер *D13.1* в состояние логической 1. Сигнал логической 1 с выхода *13* триггера *D13.1* поступает на вход аналогового ключа, собранного на четырех двунаправленных переключателях — микросхема *D14*. Ключ открывается и подает напряжение на светодиод *V1*, сигнализируя тем самым об окончании времени партии. Одновременно сигнал логического 0 с выхода *12* триггера *D13.1* поступает на входы *5* и *8* МС *D10*, блокируя тем самым прохождение счетных импульсов частотой 64 Гц на счетчики обоих каналов. Часы останавливаются и не могут быть запущены нажатием кнопок *S3* и *S4*. Произвести разблокировку часов можно только выключением питания часов. Следует отметить, что при включенной световой индикации (горит светодиод *V1*) ток, потребляемый часами от батареи питания, возрастает на два порядка, поэтому для сохранения ресурса батарей не следует медлить с выключением часов после того, как время партии истекло.

При необходимости остановки часов для перерыва в игре нажимается кнопка *S7*, и отсчет времени прекращается. После перерыва часы могут быть запущены любым из партнеров нажатием кнопки *S3* или *S4*.

Максимальная ошибка отсчета времени (в секундах), вызванная переключением часов от одного партнера к другому, связана с частотой f переключаемого сигнала зависимостью

$$\Delta t = \frac{1}{f}$$

где f — частота в Гц.

Например, можно было бы переключать сигнал частотой 1 Гц (с выхода *5* МС *D9*). При этом не нужен счетчик с коэффициентом пересчета 64 на МС *D15*. Однако максимальная ошибка переключения в этом случае

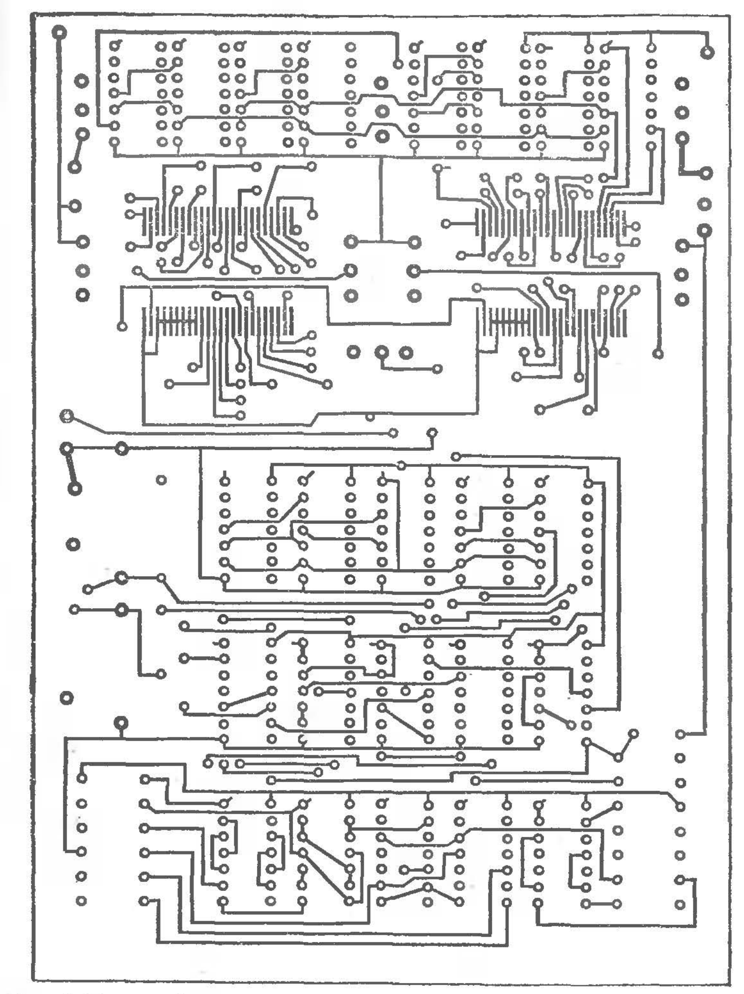


Рис. 3. Печатный монтаж со стороны установки элементов

равна 1 с. Именно поэтому в данной конструкции частота переключаемого сигнала выбрана равной 64 Гц, что потребовало введения дополнительного счетчика на МС *D15*. Максимальная ошибка, связанная с переключением часов партнерами, в данном случае составляет 1/64 с на одно переключение. Практически эта ошибка может быть как положительной, так и отрицатель-

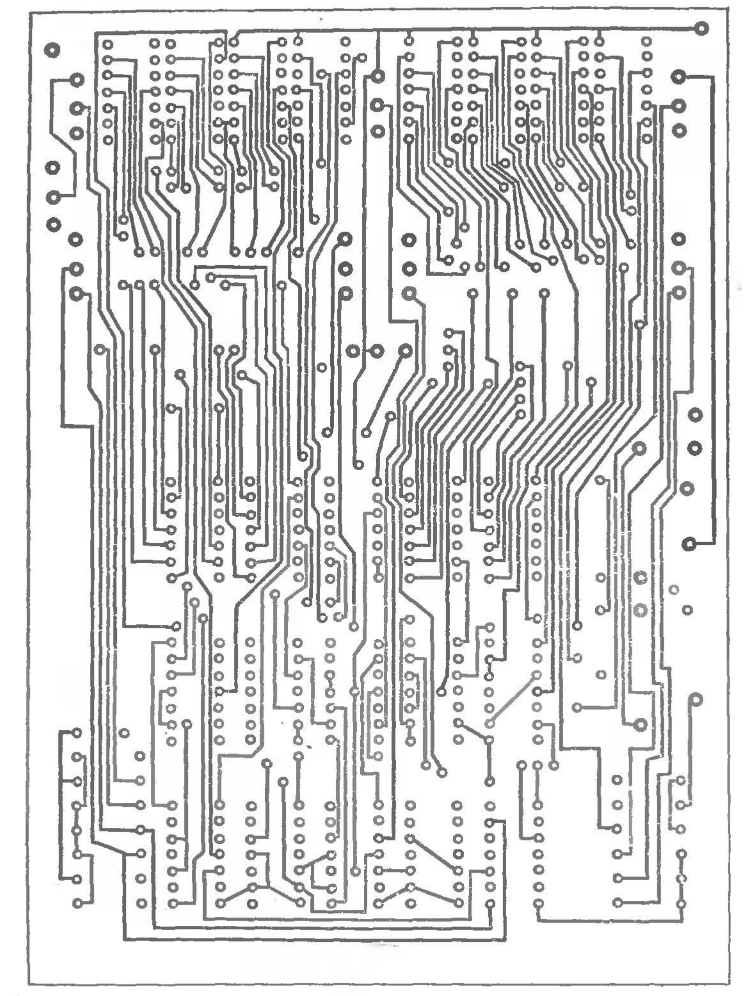


Рис. 4. Печатный монтаж

ной, поэтому при большом числе переключений суммарная ошибка, связанная с переключением, близка к нулю.

Кварцевый генератор часов собран на инверторе, входящем в состав МС *D9*. В качестве кварцевого резонатора использован кварц на частоту 32 768 Гц. На выводы *6* счетчиков-дешифраторов *D1...D8* (*A1*) и *D1...D8* (*A2*) подается сигнал частотой 64 Гц, необходимый для

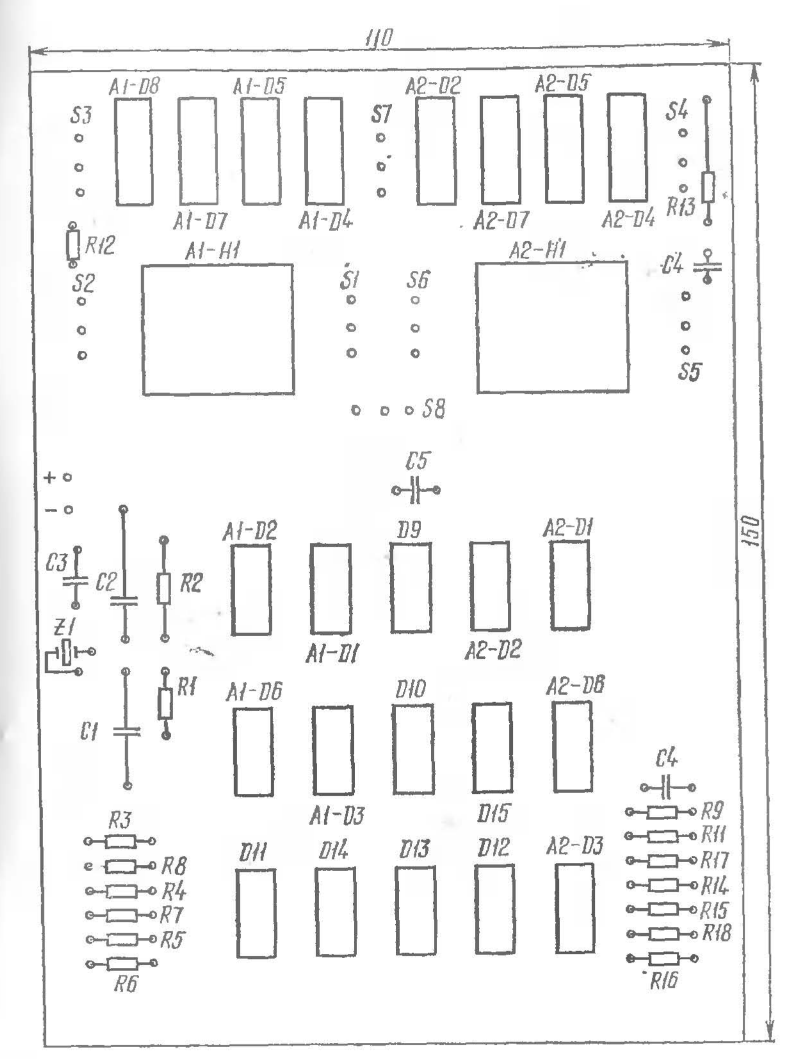


Рис. 5. Расположение элементов на плате

работы жидкокристаллических индикаторов, при этом на выводах *6* счетчиков-дешифраторов *A1-D8* и *A2-D8* сигнал 64 Гц инвертирован по отношению к сигналу на выводах *6* остальных счетчиков, что связано с особенностями индикаторов. В индикаторе типа ЦИЖ-9 в разряде

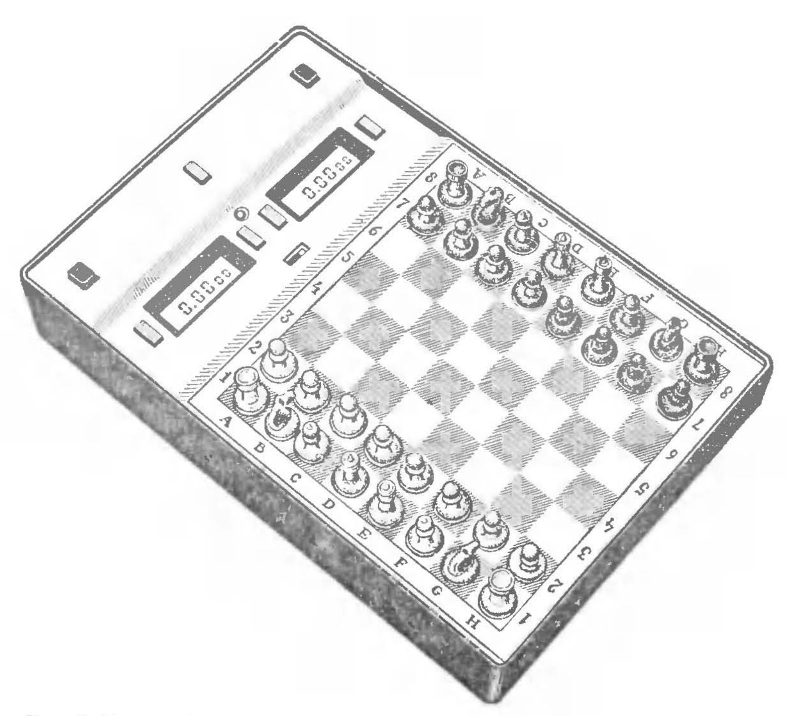


Рис. 6. Внешний вид часов

десятков часов могут индицироваться только цифры 1 или 2, цифра 0 не индицируется. В связи с этим пришлось также изменить обычный порядок соединения выводов счетчиков-дешифраторов *A1-D8* и *A2-D8* с индикатором. Конденсатор *C5* служит для устранения помех в цепи питания.

Как показано на рис. 6, устройство представляет собой малогабаритную конструкцию, в которой совмещены игровое поле и шахматные часы. Сверху корпуса располагается шахматное поле, кнопки управления, индикаторы цифрового отсчета времени и светодиод (флажок), сигнализирующий об окончании времени партии. Под доской расположены ящик для фигур, отсек для батарей питания и печатная плата с элементами. Все элементы размещены на одной печатной плате, выполненной на основе двустороннего фольгированного диэлектрика (рис. 3 и 4). Расположение элементов на плате показано на рис. 5.

Так как в шахматных часах использованы микромощные микросхемы серии К176, то появляются дополнительные требования по ограничению токов утечки между выводами микросхем и проводниками печатной платы. В связи с этим после монтажа плату с элементами следует тщательно промыть и высушить. Кроме микросхем серии К176 в схеме часов используются элементы следующих типов: *R9* — С1-4-0,25, остальные резисторы — МЛТ-0,125; *C3, C5* — КМ-6; *C1, C2* — КТ1-1; *S8* — ПД9.2. Остальные переключатели типа МП12 или КМ1-1; *V1* — АЛ316А или АЛ310А; Н1,— ЦИЖ-9; *Z1* — кварцевый резонатор РВ-72.

Наладка правильно собранных часов сводится к настройке частоты кварцевого генератора точно на частоту 38 768 Гц подбором емкости конденсаторов *C1* и *C2* от 16 до 40 пФ.

Габариты устройства 170×115×50 мм; масса 450 г; напряжение питания 6 В (внешний вид — на рис. 6).

Время работы от четырех последовательно соединенных элементов 316 при пяти-шестичасовом ежедневном пользовании один год.

СОДЕРЖАНИЕ

ББК 32.884.19
В80

Рецензент кандидат технических наук *А. Г. Андреев*

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 83 /
В80 Сост. Н. Ф. Назаров.— М. : ДОСААФ, 1983.— 78 с., ил.

35 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начинающих и квалифицированных радиолюбителей.

Для широкого круга радиолюбителей.

В $\frac{2402020000-079}{072(02)-83}$ 31—83

ББК 32.884.19
6Ф2.9